MEDEDEELINGEN

VAN DE

RIJKS HOOGERE LAND-, TUIN- EN BOSCHBOUWSCHOOL

EN VAN DE DAARAAN VERBONDEN INSTITUTEN

ONDER REDACTIE VAN DEN

RAAD VAN LEERAREN

DEZER INRICHTING;

SECRETARIS DER REDACTIE:

PROF. DR. J. RITZEMA BOS.

DEEL XIII.

WAGENINGEN
H. VEENMAN
1918

INHOUD.

Blz.

Dr. F. C. Wieder. Openbare voordracht, gehouden bij de aanvaarding van het ambt van bibliothecaris der Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool te Wageningen, den 10den Mei 1917 1

Dr. A. H. Berkhout. Verslag van de lotgevallen der Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool te Wageningen, gedurende den cursus 1916/17, bij de overdracht van het directeurschap uitgebracht op den 28sten September 1917 16

Ir. J. W. Dieperink. Openbare voordracht, gehouden bij de aanvaarding van zijne betrekking als leeraar in het landmeten en waterpassen aan de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool op 12 October 1917 36

Referaten: *Uit het Organisch-Chemisch Laboratorium:*

I. Dr. S. C. J. Olivier. Autoreferaat eener verhandeling in het tijdschrift „Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique", tome 37, pag. 92 (1917), getiteld: „Sur quelques dérivés de l'acide benzènesulfinique" 59

II. Dr. S. C. J. Olivier. Autoreferaat eener verhandeling in het „Chemisch Weekblad", Deel 14, pag. 325 (1917), getiteld: „Mededeeling over Kwikverdamping in Thermometers" 59

L. H. Baas Becking. De Verzameling Houtgewassen, hare ontwikkeling tot Arboretum en de moderne eischen voor de inrichting hiervan 61

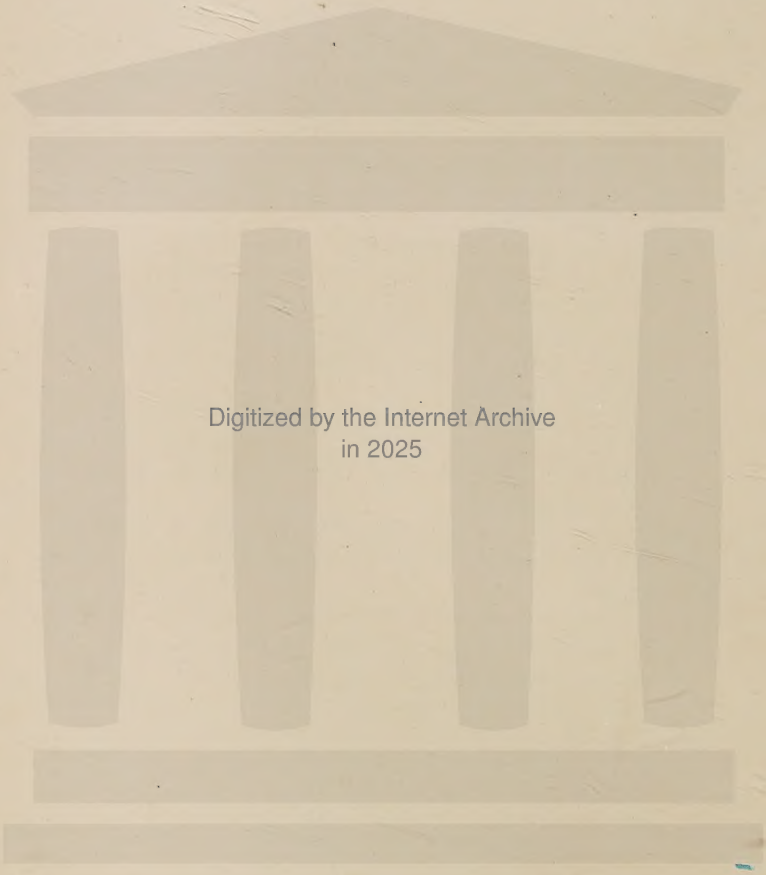
Referaat: Dr. J. Valckenier Suringar. Autoreferaat van: Leiddraad tot het vormen en ontleden, schrijven en uitspreken van wetenschappelijke (in 't bijzonder botanisch phanerogame) Geslachts- en Soortnamen 101

Referaat: *Uit het Instituut voor Pythopathologie:*
T. A. C. Schoevers. Autoreferaat van eene verhandeling in het „Tijdschrift over Plantenziekten", 22ste jaargang, blz. 167, getiteld: „Het stengelaaltje als tabaksvijand" 102

Dr. Otto Pitsch. Erfelijkheid en Cultuur 105

Prof. Dr. M. J. van Uven. Het relativiteitsbeginsel 205

Referaat: Dr. J. Valckenier Suringar. Autoreferaat van: Overzicht der voornaamste plantenfamilies en geslachten met winterharde houtgewassen 287



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/mededelingen-landbouwhogeschool-wageningen_1918_13

DE NIEUWSTE ONTWIKKELING VAN DEN BIBLIOTHEEK-CATALOGUS.

OPENBARE VOORDRACHT GEHOUDEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT VAN BIBLIOTHECARIS DER RIJKS HOOGERE LAND-, TUIN- EN BOSCHBOUWSCHOOL TE WAGENINGEN, DEN 10EN MEI 1917,

DOOR

DR. F. C. WIEDER.

Zeergeleerde Heeren Directeur en Leeraren van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouw School,

Dames en Heeren, Assistenten en Studenten, en verder allen hier tegenwoordig,

In den tijd, toen de bibliotheken nog schaarsch waren en men er zich nog rekenschap van gaf, welke elementaire eigenschappen een bibliothecaris moest bezitten, heeft eens een wijs man gezegd: „Een bibliothecaris die *leest,* is verloren." Wat zou deze waarnemer echter wel gezegd hebben van een bibliothecaris, die *spreekt,* die spreekt in het openbaar?

Het is met grooten schroom, dat ik ertoe overgegaan ben U dit uur uit te noodigen om mij aan te hooren, en ik heb dit alleen gedaan in de overtuiging dat de bibliotheek in Uw midden bizondere belangstelling ondervindt, een overtuiging die bij mij gewekt werd in de gesprekken die ik met mijn hooggeschatten voorganger vóór mijn komst in Wageningen hield en die versterkt is in de enkele weken, dat ik met de bibliotheek mocht kennis maken.

Ik mag echter niet ontkennen, dat ik toch gaarne deze openbare voordracht op mij genomen heb, omdat zij mij

in de gelegenheid stelt mijne gedachten over het bibliotheekwezen te uiten.

Er is een tijd geweest, dat het een bibliothecaris allerminst als een fout aangerekend kon worden, dat hij schreef; in tegendeel, — dat het zijn grootste deugd was te schrijven. Dat was in den tijd, toen de bibliothecaris en de auteur één en dezelfde persoon waren, dat was in den tijd, toen de geheele bibliotheek uit één boek bestond.

Deze tijd ligt, evolutionair gesproken, nog niet zoo lang achter ons, tenminste voor de landbouwwetenschap.

Ik heb hier het oog op één der eerste of wellicht het eerste wetenschappelijke boek, dat in West Europa over den landbouw werd uitgegeven, het standaardwerk uit de zestiende eeuw, het U allen bekende geschrift van K. Stevens en I. Liebaut, uitgegeven onder den titel: *De veldbouw ofte Lantwinninghe.* Oorspronkelijk in het Fransch geschreven, verscheen een Hollandsche vertaling te Amsterdam in 1588. Laat ik U even uit de voorrede van het boek zelf een overzicht geven van den inhoud van dit werk.

De „Inhout des Boecx" luidt dan alzoo:

„In desen lesten druck der Landtwinninghen wordt verhaelt al wat van noode mach wesen om een Hoeve te bouwen: de veranderinghen ende verscheydenheden des tijts te veur-sien: den omloop ende de crachten der Sonnen ende Manen aengaende de Landtbouwinghe te verstaen: de crancke arbeyders te ghenesen: allerley ghedierte ende ghevoghelte te voeden ende te ghenesen: Warmoes-hoven, Cruydt-hoven ende Fruyt-hoven te maecken: Orangieboomen, Citroen-boomen ende andere vremde boomen te planten: Byen te houden: Conserven te maecken: vruchten, bloemen, wortelen ende schorssen te confijten: honich ende wachs te bereyden: allerley oeft-boomen te planten, enten ende heylen: cider, appel-dranck, peyr-dranck, sorben-dranck, ende olien te maecken: wateren ende olien oft quint-essencien van alle materien den Landtlieden dienende te distilleren, met veel figueren van Alembicken oft helmen tot distillacie der selver: den spinnenden zijworm te onderhouden: bemden, vijvers, ende staende wateren te maecken ende te onderhouden: visschen te vanghen: om met een stroohalm inde handt de ure van een dach te weten: noch een instructie om landt te

meten: acker-landt te winnen ende te bouwen: broodt te backen: pastey-gheback te maecken: bier te brouwen: wijngaerden te oeffenen: medicinaele wijnen te bereiden: allerley hout te planten, warande, reygerije, ende parck veur de wilde beesten te maecken, midtsgaders den Wolvenjacht."

Mij dunkt onder het lezen van deze woorden heeft ieder der leeraren onder U, die mij met Uw tegenwoordigheid verblijdt, den tak van wetenschap hooren noemen, waarvoor hij verantwoordelijk is. De hoofdstukken van dit eerwaardig geschrift zijn als zoovele handbibliotheken, en afdeelingen der centrale bibliotheek.

En dit werk is niet een compendium, waarnaast ik U uit dienzelfden tijd monographiën en onderzoekingen over speciale onderwerpen zou kunnen voorleggen. Het is het eenige en vertegenwoordigt, naast enkele werken op botanisch en zoologisch gebied, de geheele landbouwbibliotheek. En het doet het op zeer volledige wijze; zelfs voor het genezen der kranke arbeiders is gezorgd. Misschien is het in dat opzicht onze landbouwbibliotheek der negentiende en twintigste eeuw lang vóór geweest.

Toch weten wij allen dat het onjuist zou zijn de groote uitbreiding in boeken als een verschijnsel te beschouwen uitsluitend eigen aan den landbouw. Hetzelfde verschijnsel doet zich voor bij alle technische en exacte wetenschappen. Ook de literatuur over de wiskunde, over de werktuigkunde, over de scheikunde, is van ééncellig in de zestiende eeuw tot een zeer gecompliceerd organisme geworden. Het is dus niet een landbouwverschijnsel, noch een wiskundig, noch een technisch, noch een scheikundig.

Het is een *bibliographisch* verschijnsel en de oplossing van de vraagstukken, die deze ontwikkeling en uitbreiding met zich brengen, moet langs *bibliographischen* weg gezocht worden, dus niet door een landbouwkundige, een wiskundige, een technicus, een scheikundige, maar door een boekenkundige, een bibliograaf.

De taak der bibliotheek in handen te stellen van een bibliograaf is in den tijd waarin wij thans leven van nog grootere noodzakelijkheid dan in de periode die aan den onze voorafgaat, omdat er in de boekkunde nieuwe dingen gaan gebeuren en de oude overgeleverde methoden niet meer ver genoeg strekken om aan de eischen, die

men thans aan een bibliotheek stelt, te kunnen voldoen.

De vraag naar vakliteratuur is in de laatste jaren zoo toegenomen en daarmede ook de productie van die literatuur, dat de orde en regelmaat, die in vroegeren tijd naar andere behoeften georganiseerd waren, in alle bibliotheken verbroken zijn. Men moet oude beproefde usances op zij zetten en zich met noodmaatregelen redden, en allengs blijkt dat die noodmaatregelen blijven en ten slotte aan de oude beproefde usances niet meer gedacht wordt.

Er is in de bibliotheekwereld *beweging* gekomen, en elke nieuwe aflevering der bibliographische vakliteratuur brengt nieuwe meeningen, nieuwe systemen. De beweging is zóó sterk geworden, dat de grondslagen los worden, en men de vraag stelt wat dan eigenlijk wel een bibliotheek is.

Ik kan U mijn voorstelling van de bibliotheek niet beter duidelijk maken, dan door een beeld te gebruiken, geleend uit onze eigen practijk.

Een bibliotheek is een *boom,* die alle jaren om zijn stam een nieuwen jaarring vormt, waarin het leven van den boom zich manifesteert.

De stam zelf is dood en elk jaar sterft de levende jaarring en manifesteert zich nieuw leven in een nieuwen jaarring.

Deze zich steeds vernieuwende jaarring is het leven der bibliotheek. De Bibliotheek is wat er jaarlijks bijkomt en niet in de eerste plaats wat er van ouds zich bevindt. Het oude bezit is als de stam van den boom dood, doch, evenals die stam, onmisbaar, want òm dien stam vormt zich de nieuwe jaarring, die zonder den stam zich niet kan ontwikkelen.

Het oude bezit van een bibliotheek is min of meer fossiel. En ik bedoel hier niet mede uitsluitend de boeken uit vroegere eeuwen. Jaarlijks groepeeren zich overleden boeken bij de oude. Er zijn zelfs werken van 1916 — de auteurs dier werken zijn hier afwezig natuurlijk, — die nu reeds hun graf in de bibliotheek gevonden hebben.

Toch is de waarde van de oude boeken voor de practijk niet te onderschatten. Elk boek dat opgang maakt stelt zijn voorganger buiten gebruik. Zoo komt er langzamerhand op elk gebied in de bibliotheek een uitgebreide massa van ongebruikte boeken. Zou men deze boeken nu niet moeten verwijderen? Deze boeken, die nog niet leeren de nieuwste

methodes, die nog onkundig zijn van de nieuwste vindingen en ontdekkingen, die nog theoriën huldigen die niet meer opgaan, zijn die niet schadelijk, vooral in de hand van nog onervaren jongelieden, die op het pad der wetenschap nog een krachtigen steun behoeven?

Geenszins, al zal men die zoogenaamde verouderde boeken niet bij voorkeur in de handen wenschen van studenten van het eerste jaar. Elk boek had, toen het verscheen, een reden van bestaan, welke het ontleende aan het essentieele dat het bevatte, het nieuwe dat de auteur erin gelegd had. De plaats nu van dit boek wordt na langer of korter tijd in de practijk ingenomen door een meer modern, waardoor het in onbruik geraakt, zonder dat dit moderne volkomen het essentieele van zijn voorganger reproduceert. Het buiten gebruik stellen heeft dus een, zij het ook aanvankelijk onmerkbaar, verlies ten gevolge. Dit nieuwe boek vindt ook misschien reeds spoedig een opvolger, en weer gaat er iets verloren. De verliespost groeit aan en eindelijk is er met de jaren een leemte ontstaan. Bij intensieve studie en voorbereiding tot intensieve practijk ontdekt men die leemte, en grijpt men terug. Nu komt de taak van de Bibliotheek, die de verouderde en in onbruik geraakte boeken bewaard heeft.

De taak van de Bibliotheek is dus voor een deel een historische. Zij bewaart de denkbeelden van het verleden, en de herinnering aan het pogen en de proefnemingen van het voorgeslacht.

Dit is de roeping en het nut van den ouden, dooden stam, — nu de levende jaarring.

De bibliotheek leeft in datgene wat er jaarlijks inkomt. Dit leven zoekt zijn bevrediging in uitbreiding in de ruimte, en zou die dan eerst vinden, wanneer de Bibliotheek jaarlijks alles ontving, wat, — ik bepaal mij thans tot de bibliotheek te Wageningen, — op het gebied der land-, tuin-, en boschbouwwetenschappen verschijnt, niet alleen in ons land, maar over de geheele wereld.

Deze volledigheid is onbereikbaar, maar wij streven ernaar die zoo dicht mogelijk te bereiken, met alle middelen, die ons ten dienst staan:

een goedgezinde regeering, die telken jare grootere gelden ter beschikking stelt;

een steeds toenemende uitbreiding der publicaties van de Landbouwschool, zoodat het ruilverkeer grooter en belangrijker wordt;

een toenemende staf van assistenten, waardoor steeds meer het aanknoopen van relaties uitvoerbaar wordt en de ruimere toevloed van aanwinsten kan blijven beheerscht worden.

Is het doel van de bibliotheek dus tweeledig: in de eerste plaats het mogelijk maken van een tot op het oogenblik bijgewerkt beeld van den stand van de landbouwwetenschap of van elk onderdeel en de eraan verwante wetenschappen, — in de tweede plaats elke methode die thans in toepassing is en elke bizondere wetenschap in zijn ontwikkeling te volgen — ik kom thans te spreken over de technische middelen die haar ten dienste staan tot bereiking van dat doel.

En dan noem ik in de eerste plaats den *Catalogus*.

Men kent er in het algemeen twee: de alphabetische en de systematische. Het was een groote gebeurtenis in de geschiedenis van het bibliotheekwezen, toen de alphabetische catalogus op losse blaadjes voor het eerst werd toegepast. Deze kaartcatalogus was een groote verovering, en werd de grondslag, waarop het mogelijk werd de steeds aangroeiende massa dag voor dag te registreeren en daardoor te blijven beheerschen. De kaart-catalogus heeft de groote ontwikkeling der bibliotheken in de tweede helft der negentiende eeuw mogelijk gemaakt.

Hetzelfde systeem van losse blaadjes heeft men ook toegepast op den systematischen catalogus en beide te zamen, in hun min of meer monumentale kasten in laadjes of in loketten opgeborgen, hebben lang gegolden voor volmaakt, de systematische catalogus even voortreffelijk als de alphabetische.

Dit algemeen enthousiasme voor beide is echter langzaamaan aanmerkelijk ingekrompen en men is thans zoover gekomen, dat men moet zeggen dat de tijd van beide voorbij is. En hoewel nog vele jaren die komen zullen, de catalogussen op losse bladen zullen in gebruik blijven, begint men toch allengs meer te bespeuren, dat aan beide ernstige bezwaren verbonden zijn, zoodat ik aan geen van beide een voortgaanden bloei durf voorspellen. Beide hebben hun hoogtepunt bereikt en gegeven wat ze konden,

er kunnen geen nieuwe dingen meer van hen verwacht worden.

Het hoofdbezwaar, dat men thans tegen den Alphabetischen Catalogus heeft, is zijn volledigheid. Theoretisch zijn grootste deugd, is ze hem in de practijk tot een gebrek geworden. Bij het zoeken naar een bepaald werk, moet men steeds meer materiaal doorsnuffelen vóór men zijn vondst gedaan heeft. Het opzoeken der titels neemt steeds meer tijd in beslag en in onze groote bibliotheken, die in hun catalogus de litteratuur van alle wetenschappen over verscheidene eeuwen omsluiten, is het opzoeken in den alphabetischen catalogus tot een hinderlijk tijdverlies geworden. Voeg ik er nu bij dat het zelfde bezwaar den dienst der bibliotheek bemoeilijkt, ook bij het invoegen der nieuwe titels, dan mag ik dit bezwaar als zeer ernstig beschouwen en als belemmerend aan de geregelde ontwikkeling der bibliotheek.

Hetzelfde bezwaar geldt in veel meerdere mate voor den systematischen Catalogus en het is in onze groote bibliotheken reeds zoover gekomen, dat men bij voorkeur den grooten systematischen catalogus mijdt, en zich liever behelpt met middelen buiten de bibliotheek-administratie om.

Uit een advies, onlangs door bibliothecarissen gegeven, is gebleken, dat overal de Alphabetische Catalogus veel meer gebruikt wordt dan de Systematische, dat zelfs het gebruik van beide niet tot elkaar in verhouding staat. Eén bibliothecaris heeft zich zelfs zoo sterk uitgesproken, dat de Alphabetische Catalogus 50 maal, zegge 50 maal meer gebruikt wordt dan de Systematische.

Hieruit blijkt wel duidelijk, dat de methode toegepast op den Alphabetischen Catalogus niet de meest gewenschte is voor den Systematischen.

Er is hier iets niet in orde en er moeten hoog noodig andere maatregelen genomen worden. En er is keus daarbij. Men heeft reeds op verschillende manieren getracht den geëikten Systematischen Catalogus door verbeteringen en wijzigingen tot nieuw leven op te wekken. Men heeft de fout gezocht in de indeeling der vakken en gemeend door een rigoureus opgesteld systeem van classificatie een stevigen, geharden weg te kunnen banen. Ik noem U slechts het zoogenaamde *decimale systeem*, dat zooveel aanhangers vindt. Men meent met dit systeem de boeken te kunnen indeelen, zooals Linnaeus het de levende natuur deed.

Een andere proefneming, die door de moeilijkheid van zijn uitvoering weinig navolging vindt, is de Gemengde Catalogus, waarin de titels der boeken en der onderwerpen waarover zij handelen, in één doorloopend alphabet vereenigd zijn. Boeken over den Eik bijv. staan op de letter E, evenzeer als werken over Erfelijkheid. Daartusschen in staan werken van den schrijver Ellis. Het principiëele voordeel van dit systeem is dat men gebroken heeft met de fictie, dat de boeken in een bibliotheek in een oorzakelijk verband tot elkaar staan, zoodat het eene in den Catalogus dichter bij het andere moet staan, omdat er verband tusschen beide is, een verband dat echter niet gelegd is door de auteurs dier boeken, maar door den bibliothecaris. Men is bij den Gemengden Catalogus tot de erkenning gekomen, dat elk boek op zich zelf bestaat.

In een voordracht voor korten tijd gehouden door Prof. Dr. A. W. Nieuwenhuis [1]) over de heidensche of animistische wereldbeschouwing, kwam zijn hooggeleerde tot de ontdekking dat deze ook in de beschaafde samenleving een groote rol speelt. Hoewel onze natuurphilosophen onder een geheel ander inzicht in de natuur werken, dan de primitieve mensch, blijkt het dat zij zich houden aan de begrippen stof en natuurkracht. Deze natuurkrachten, bijv. electriciteit, zwaartekracht, licht, warmte, scheikunde, aantrekking, levenskracht enz. worden daar aangewend, waar ons weten ophoudt. Deze *algemeene begrippen*, die schijnbaar zoo *algemeen begrepen* worden, zijn niet anders dan animistische voorstellingen, waaronder wij een reeks verschijnselen, die wij niet verklaren kunnen, te zamen vatten, omdat naar onze opvatting ze met elkander in verband staan.

Ook in het bibliotheekwezen is dit animisme zeer verbreid en viert zijn hoogtij in het decimale systeem.

Immers: theologie, letterkunde, rechtsgeleerdheid, wis- en natuurkunde, en geneeskunde, — om de oude universitaire indeeling van het menschelijke weten te noemen, — zijn zij ook niet slechts namen voor een complex van verschijnselen, die alleen maar naar ons inzicht voldoende op elkaar gelijken om ze te zamen onder één rubriek onder te brengen?

---

[1]) Zie Tijdschr. Aardr. Genootschap 1916, bl. 426.

Een groot theoretisch voordeel van den Gemengden Catalogus is dat hij dit animisme overslaat.

Maar — ik verlaat nu de theorie en keer terug tot de practijk — men zal zich ten slotte aan elk systeem aanpassen en wanneer men eenmaal het principe heeft verstaan en de bibliothecaris bij zijn indeeling zich streng aan het principe houdt, zal men ook met meer of minder moeite de boeken vinden die men zoekt.

Aan elk dezer systemen kleeft echter een gemeenschappelijke fout, namelijk dat bij de uitbreiding der bibliotheek elke rubriek zich uitbreidt, waardoor het overzicht moeilijker wordt en de verouderende boeken steeds meer den zoeker in den weg staan. Dezelfde fout dus die den Algemeenen Alphabetischen Catalogus aankleeft.

De moeilijkheid zit hem in die verouderende boeken, algemeener uitgedrukt: de moeilijkheid is daarin gelegen, dat men bij al die systemen niet de scheiding maakt van de actueele bibliotheek en de historische bibliotheek.

Een groote stap tot de oplossing van dit vraagstuk heeft men gedaan in één der grootste bibliotheken der wereld: in de bibliotheek van het Britsch Museum te Londen. De enorme, cirkelvormige leeszaal heeft men door straalsgewijs geplaatste boekenkasten ingedeeld in een aantal afzonderlijke vertrekken. In elk dier appartementen heeft men de boeken geplaatst van een speciale tak van wetenschap, de daar geplaatste boeken zijn met zorg gekozen door een vakgeleerde, en omvatten de nog in gebruik zijnde standaardwerken en de nieuwste handboeken. Elk appartement bevat dus een handbibliotheek, waaruit, en dat is het cardinale punt, na verloop van een zeker aantal jaren, verwijderd worden, weder door een vakgeleerde, alle niet meer gangbare boeken. Ik voeg erbij dat van elk dezer handbibliotheken een catalogus aanwezig is en de boeken op open planken staan, voor de bezoekers bereikbaar.

Dames en Heeren, het doet mij een groot genoegen, en het zal U niet minder tot voldoening strekken, te kunnen zeggen, dat de toestand der bibliotheek in Wageningen in principe zeer veel gelijkt op dien van de bibliotheek van het Britsch Museum.

Wij hebben hier hetzelfde principe van handbibliotheken,

geleid door deskundigen. Het is een geluk voor Wageningen, dat de toestand die hier uit de praktijk geboren is, blijkt in zich te bergen de kiem van de meest modern ingerichte bibliotheek, een toestand waarnaar vele bibliotheken in ons land en daarbuiten als een ideaal opzien, zonder dat ze wellicht weten dat wij op weg zijn dien hier te bereiken.

Het principe der handbibliotheken biedt groote voordeelen:

De bibliothecaris heeft voor elk vak de beste voorlichting, die hij kan wenschen.

De bezoeker komt allicht bij zijn onderzoek in aanraking met den leeraar, en heeft bij de keus zijner literatuur een voorrecht, dat hij aan geen enkele onzer groote bibliotheken in die mate kan verkrijgen.

En dan noem ik het grootste voordeel het laatst: *dat men het boek op de plank ziet staan.* Ik ben een beslist voorstander, niet alleen van een open deur, maar ook van de open plank, „the open shelf," zooals men gaarne in bibliotheekkringen het in het Engelsch uitdrukt. Het nut daarvan is, ondanks alles wat er tegen ingebracht is, zoo evident, dat niemand in zijn particuliere studeerkamer zich een catalogus op losse bladen zou wenschen en zijn boeken op zolder zetten. Vereenigd met de persoonlijke leiding van deskundigen kan men van een bibliotheek die zoo ingericht is, de schoonste resultaten verwachten.

Ik mag echter niet verzwijgen dat de uitvoering van dit principe bij de tegenwoordige plaatsing der Wageningsche bibliotheek op eigenaardige moeilijkheden stuit. Tusschen de leeszaal van het Britsch Museum en de van 8 zitplaatsen voorziene leeskamer in het hoofdgebouw der Nederlandsche Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool is een groot onderscheid.

Maar de persoolijke leiding van deskundigen is hier even goed of misschien nog beter, en daar komt het in de eerste plaats op aan.

Want bij het groote niet te formuleeren voordeel dat een bibliotheek voor studie en onderzoek biedt, vergete men niet te bedenken, dat het boek in zijn geschreven taal slechts een reproductie geeft van het gesproken woord en dat vér boven wat boeken kunnen geven, het gesproken

woord gaat. Ook deze gedachte begint in de bibliotheekwereld meer en meer op te komen. Waar er een tijd was, en die ligt nog niet ver achter ons, ja plaatselijk is die tijd er thans nog, dat men zwoer bij den titel op het fiche, de strook, de kaart, of hoe men dit instrument noemen moge, is men eerst gaan vragen naar het boek zelf en daarna naar persoonlijke voorlichting.

Hoe zal nu in een omgeving als de onze in Wageningen de systematische catalogus eruit zien? Ik geloof dat het antwoord in al het voorafgaande ligt opgesloten. U zult van mij geen directe invoering van het decimaal systeem kunnen verwachten, noch zal ik U na verloop van een eenigszins langeren tijd een gemengden catalogus voorleggen.

Wat U mij in den eersten tijd zult zien doen: dat is proeven nemen in verschillende richting, proefnemingen, die de dagelijksche praktijk zal ingeven.

Een systematische catalogus moet zich aansluiten bij de dagelijksche practijk. Die practijk is steeds wisselend, want de studie verandert langzaam, maar gestadig van richting. Deze veranderingen en wisselingen moet de systematische catalogus medemaken. Hij moet bewegelijk zijn, even bewegelijk als de studie zelf.

Hoe ik mij zulk een *bewegelijken* systematischen catalogus voorstel? Als basis stel ik mij de indeeling naar handbibliotheken voor. Men bedenke daarbij echter, dat die verdeeling niet een theoretische is naar takken van wetenschap, maar een practische. Een boek komt in een handbibliotheek omdat het daar op dat oogenblik noodig is. Zoo kan ook, in het algemeen gesproken, een boek weder de handbibliotheek verlaten en teruggaan naar de centrale bibliotheek, zoodra het daar geen nut meer doet, hetzij omdat boek verouderd is, of nog veel meer, omdat in die bepaalde handbibliotheek een zwenking in de studie plaats heeft. Een bewegelijke Catalogus en — bewegelijke boeken. Een bibliothecaris moet er niet tegen opzien de boeken te verplaatsen, waar het noodig is.

Ik voeg erbij dat deze bewegelijkheid zich vooral zal bepalen tot de actueele bibliotheek, maar dat voor de historische bibliotheek veel meer vastgehouden zal worden aan een blijvende indeeling.

Men houde in het oog, dat de Systematische Catalogus gesteund wordt door een toenemend aantal speciale bibliographiën, die in vele gevallen een afdeeling van den Systematischen Catalogus kunnen vervangen, zoodat deze dan nog slechts dient als aanwijzer der werken, die na het verschijnen van de vakbibliographie zijn uitgekomen.

De vakbibliographie brengt den studeerende ook de titels onder de oogen van werken, die niet in de bibliotheek aanwezig zijn. Dit zal dikwijls leiden tot aanvulling van leemten, en ook kan men die werken van elders te leen ontvangen.

Het *intercommunale* leenverkeer, dat in vredestijd zich zelfs tot *internationaal* uitbreidt, in de laatste jaren aan onze groote bibliotheken ingevoerd, waardoor men zonder extra-kosten over den voorraad van al onze groote bibliotheken kan beschikken, neemt steeds grooteren omvang aan en zal op den duur leiden tot een beter economiseeren der nog steeds veel te schraal toegestane gelden.

Het zal u duidelijk zijn dat de arbeid van het systematiseeren, zooals ik het mij voorstel, een dagelijksche oplettendheid en toewijding vereischt, waarbij weder de voortdurende voorlichting door deskundigen onontbeerlijk is. Ik zie dus in de toekomst de noodzakelijkheid dat de bibliothecaris zich steeds meer bij de leeraren aansluit om door den dagelijkschen omgang voortdurend op de hoogte te blijven van de richting die de studie in elk vak neemt. Maar ook zal de bibliothecaris een andere richting hebben uit te zien, naar de studenten, dat zijn de jongere krachten in het studieleger, die nu reeds, dikwijls onbewust, bezig zijn de kiemen te leggen voor later opwassende studiën. Elke vraag die hem van die zijde bereikt zal hem welkom zijn en elk verlangen zal door hem in ernstige overweging genomen worden.

Ik heb getracht in deze oogenblikken die mij gelegenheid gaven mij eens voor altijd in het openbaar uit te spreken, bij U de overtuiging te wekken, dat het vak van den bibliothecaris bij uitstek van practischen aard is. Wanneer men spreekt van bibliotheekwetenschap, dan ben ik wel bereid dezen term te aanvaarden, mits men er onder versta de wetenschap van zoo practisch mogelijk te zijn.

Mijn zeer gewaardeerde voorganger,
de Heer Van Pelt Lechner,

schrijft mij, dat familie-omstandigheden hem beletten hier tegenwoordig te zijn. Toch meen ik dat zijn naam hier niet mag ontbreken. In de 16 jaren, dat hij de bibliotheek heeft geleid, heeft hij ze opgekweekt van een kleinen scheut tot een krachtige plant, die jaarlijks vruchten afwerpt. Nu ik de zorg voor deze plant van hem overneem, is het mij, alsof de zwaarste arbeid thans verricht is, en gevoel ik dat door zijne regelmatige behandeling gedurende zooveel jaren mij menige teleurstelling gespaard is. Het is mij een aangename gedachte, de zekerheid te hebben, zijn welwillende voorlichting altijd te mogen inroepen.

U allen, die hem gekend hebt, zult met mijn wensch instemmen, dat hem nog vele jaren gegund mogen worden, om zijn rusttijd met de hem eigen en ons allen bekenden ijver en werklust voor zich zelf en anderen nuttig te maken.

Zeergeleerde Heeren Directeur en Leeraren der Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool.

Ik heb gaarne deze gelegenheid gebruikt om mij tegenover U over de bibliotheconomie uit te spreken. Ik hoop dat het U uit het gesprokene duidelijk is geworden, dat het mijn hoofdwensch is U bij Uwe onderling ver uiteenloopende studiën en bij Uw dagelijksche practijk zooveel mij mogelijk is nuttig te zijn. Ik herhaal nog eens dat ik daarbij Uw aller medewerking behoef. Van Uwe vriendelijke ontvangst heb ik mij reeds overtuigd. Die geeft mij het vertrouwen, dat onze omgang aangenaam zal zijn.

Een woord van dank aan U persoonlijk,

Hooggeachte Heer Berkhout,

voor de vriendelijke wijze waarop U mij in de Wageningsche omgeving hebt binnengeleid, en vooral voor Uwe bereidwilligheid het bibliothecarisschap tijdelijk te willen waarnemen, waardoor het mij mogelijk werd mijn taak in Amsterdam tot op een bevredigend punt af te werken.

Mijn gewaardeerde medewerkers aan de Bibliotheek,

Van den eersten dag af, dat ik hier was, heeft Uw toewijding aan Uwe taak mij verkwikt. Wat er in onzen omgang zich ook moge voordoen, kleine verschillen, misschien groote verschillen, — ik wil nu maar zeer pessimistisch zijn, dan valt het zeker mee, — wij zullen elkander altijd weder ontmoeten op die basis van de toewijding, die wij allen gelijkelijk voor de bibliotheek hebben. Er staat ons een zware taak te wachten. Uitbreiding beteekent toenemende arbeid, die steeds ernstiger wordt en meer verantwoording oplegt. Echter — dispereert niet — waar de toekomst mij de plicht oplegt een groot deel der verantwoording op U over te dragen, legt zij mij tevens de verplichting op, Uw arbeid zóó te regelen, dat ieder naar zijn krachten en aanleg de bibliotheek ten nutte kan zijn.

Het is ook een schoone taak, die U wacht. Benijdt nooit Uwe collega's, die wellicht in een andere instelling zijn, waar niet veel van hen gevergd wordt, maar die langzaam verdroogen, helaas een ontwikkelingsproces, dat nog te veel in onze bibliotheken voorkomt. Nieuw werk wekt telkens opnieuw de belangstelling en houdt ze wakker. Een flinke aanpak van een moeilijk probleem en doorzetting, tot het gelukkige eind bereikt is, geven een voldoening die de daarop volgende rust en ontspanning dubbel zoet maakt.

Ik hoop dat onze omgang recht vriendschappelijk en vertrouwelijk zal zijn.

Mijne Heeren Studenten,

Ik heb U reeds in mijn voordracht genoemd. Er wordt veel voor U gedaan aan de bibliotheek. Zoowel de boeken die U ten gebruike verstrekt worden, als de ter lezing liggende tijdschriften, die U geleidelijk in het ruime veld der landbouwwetenschap den weg moeten leeren, worden met zorg gekozen, om U het beste te geven, wat er beschikbaar is. Het is één mijner vurigste wenschen, dat de bibliotheek medehelpe, — met tijdschriften van heinde en ver hier bijeen gekomen, geschreven in verschillende talen, waarvan de vlotte kennis een onafwijsbare noodzakelijkheid voor U is, — met mededeelingen over den arbeid van allerlei

instituten in binnen- en buitenland, — met illustratie-materiaal niet het minst, — ik zeg, dat de Bibliotheek met dit alles medehelpe, Uw blik ruim te maken en U de overtuiging bij te brengen, dat al wat in de geheele wereld op Uw studiegebied gebeurt, Uwe belangstelling verdient, zoodat het U opwekke al Uwe kracht aan Uw werk te wijden, en zóó te worden het volgende geslacht, dat in organiseerenden en practischen arbeid, zoowel in ons vaderland, als in Indië, het tegenwóordige verre overtreft.

Met dezen wensch vertrouw ik dat U allen, hier aanwezig, wien ik mijn vriendelijken dank uitspreek voor Uwe belangstellende tegenwoordigheid, zult instemmen.

VERSLAG VAN DE LOTGEVALLEN DER RIJKS HOOGERE LAND-, TUIN- EN BOSCHBOUW-SCHOOL TE WAGENINGEN

GEDURENDE DEN CURSUS 1916/17 BIJ DE OVERDRACHT VAN HET DIRECTEURSCHAP UITGEBRACHT OP DEN 28STEN SEPTEMBER 1917

DOOR

DR. A. H. BERKHOUT.

Hoogedelgestrenge Heer Directeur-Generaal van den Landbouw, Weledelgestrenge Heer Inspecteur van het Landbouwonderwijs, Zeergeleerde Heeren Leeraren van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool, Dames en Heeren Assistenten en Studenten, en verder Gij allen, die door Uw tegenwoordigheid alhier de beteekenis van deze plechtigheid verhoogt,

Hoog gewaardeerde Toehoorderessen en Toehoorders.

Onze voorvaderen hebben, met een onderbreking van 12 jaar, 80-jaren lang achtereen oorlog gevoerd, zonder dat die worsteling hen belette rustig kunsten en wetenschappen tot een hoogen bloei op te voeren.

Ons tegenwoordig geslacht gaat met kommer en zorg den vierden neutralen winter tegemoet. Hoeveel gunstiger is echter ons lot, wanneer wij zulks vergelijken bij dat onzer buren.

Met een opgewekt gemoed hebben wij ons krachtig voor te bereiden voor den economischen strijd, die zal aanvangen, zoodra de vrede wordt gesloten.

In zijn Memorie van Antwoord van den 6den Maart j.l.,

behoorende bij het wetsontwerp betreffende de regeling van het landbouw- en het diergeneeskundig hooger onderwijs, verklaarde de Minister Posthuma „wij zijn ten opzichte van de regeling van het landbouwonderwijs beslist ten achter en onze landbouw is niet tot de tanden gewapend."

Wijlen de Minister Talma verklaarde in de Volksvertegenwoordiging, dat de landbouwschool te Wageningen zich heeft moeten ontwikkelen, maar al te vaak onder heftige tegenwerking ook van degenen, die geroepen waren het onderwijs te bevorderen.

Er valt hier dus veel in te halen, wat vroeger verzuimd werd.

Waar de staatsschuld voortdurend sterk stijgt, mag geen dag verder getalmd worden met het invoeren van bedoelde wet, daar deze ongetwijfeld het productief vermogen der natie zal verhoogen. Er moet nu geprofiteerd worden van het feit, dat thans aan het hoofd van het Landb. dep. mannen geplaatst zijn, die den landbouw grondig kennen.

Nederland, in het bezit van zijne uitgestrekte Koloniën, verkeert onder zeer gunstige omstandigheden, waardoor het in staat gesteld wordt in bijna al zijne behoeften te voorzien.

De landbouwproducten, die hier geen voldoende zonnewarmte genieten, kunnen ginds geteeld en geruild worden tegen de voortbrengselen onzer nijverheid, Uitgestrekte landstreken in ons schoon Insulinde zijn thans nog met bosch begroeid, maar voor ontginning vatbaar, zoo het Europeesche kapitaal en intelligentie den Inlander te hulp komen.

Het dreigend gevaar, dat de V.S. van Noord-Amerika ook na den vrede niet in staat zullen blijken te zijn het door ons benoodigde vet te leveren, behoeft waarlijk ons niet te verontrusten, want langs de kusten van den Indischen oceaan en de Javazee groeit weelderig de cocospalm, die ons een veel zuiverder, voedzamer en verteerbaarder stof in den vorm van copra en cocosolie kan leveren. Het intelligente deel onzer natie heeft de groote massa van ons volk te overtuigen, dat de boter van den klapperboom gelijkwaardig is aan die van de koe. Wordt bij de cultuur van dien palm en de verwerking van zijn vrucht van de moderne wetenschap geprofiteerd, dan zal het blijken, welke enorme vlucht die nieuwe industrie kan nemen, ten bate

van den inlander en zijn mentor. De eerstgenoemde zal echter tot een hooger peil van actie moeten worden opgestuwd en de laatstgenoemde zal over meer ondernemingsgeest moeten beschikken. Is het niet bedroevend te weten, dat eerst, nadat de rubbercultuur op het Maleische Schiereiland getoond had groote voordeelen te kunnen afwerpen, men aarzelend in Ned. Indië het goede voorbeeld volgde en dit geschiedde voor het grootste deel met hulp van vreemd kapitaal!

Aan intelligentie en overleg overtreft de Nederlander menig andere natie, maar aan durf strijkt hij in het algemeen voor velen de vlag.

Daarover te klagen baat niet veel. Raseigenschappen zijn nu eenmaal niet gemakkelijk uit te roeien,

Rationeeler is het de aanwezige eigenschappen tot verdere ontwikkeling te brengen.

Dank zij de Nederlandsche grondigheid is op Java een bloeiende suikerindustrie in het leven geroepen, die haar wederga in andere landen niet vindt: Maar om zulks te kunnen bereiken, was het eerst noodig, dat de eigenaren der suikerondernemingen door de serehziekte met totalen finantieelen ondergang werden bedreigd. Eerst toen werden zij uit hun slaap gewekt en genoopt de voorlichting van de wetenschap in te roepen. Die voorlichting kan nog tal van andere tropische cultures ten goede komen.

Nog geen halve eeuw geleden was de caoutchouc een boschproduct, waarvan de industrie nagenoeg geen gebruik maakte.

The India Rubber World neemt aan, dat na 1920 in de V.S. van N.-Amerika per jaar 60.000.000 autobanden noodig zullen zijn. Tegen een doorsneeprijs van $ 20 komt dit op 1.200.000.000 $ per jaar.

In onze tropische bosschen sluimeren nog tal van producten, die later zullen blijken onmisbaar te zijn voor den toekomst-mensch. Waarom moesten Amerikanen op Borneo komen om voor onzen neus de djeloetoeng weg te halen, waarvoor wij absoluut geen emplooi kenden?

In het Moederland heeft men mede jaren lang gemeend op het gebied van den landbouw en de veeteelt met de zuivere empirie te kunnen volstaan, totdat het bleek, dat Denemarken gaandeweg Nederland met zijn zuivelproducten op de buitenlandsche markten overvleugelde.

Geen keuterboertje op de heide, dat thans de waarde der kunstmeststoffen niet weet te waardeeren, maar om duurzaam op goedkoope wijze een maximum product van den Nederlandschen bodem (de Zuiderzee incluis) te kunnen oogsten, moet de landbouwwetenschap hier op breeder voet worden geschoeid dan dit tot nog toe het geval was.

Van Wageningen uit is herhaaldelijk aangedrongen op het opvoeren van het peil van het hooger landbouwonderwijs en de tegenwoordige autoriteiten in den Haag hebben dit dringen in de juiste banen weten te leiden. Met voldoening kan thans verklaard worden, dat wij aan den vooravond van den dag staan, waarop onze lang gekoesterde wenschen bevredigd zullen worden.

Spoedig zal er dus een einde komen aan den toestand van onzekerheid, die hier sedert jaren heerscht en die een verlammenden invloed uitoefent op den gang van zaken.

De reeds door de Volksvertegenwoordiging gevoteerde gelden voor nieuwe gebouwen zullen dan besteed kunnen worden om hier de onmisbare ruimte voor het onderwijs te verschaffen en de leeraren zullen zich dan rustig kunnen wijden aan een belangrijk deel van hun taak, dat helaas niet behoorlijk tot ontwikkeling kon komen, te weten het zelfstandig, eigen onderzoek. Dat eigen onderzoek alleen is in staat het ware cachet op het onderwijs te drukken. Bovendien heeft de Regeering het recht te eischen, dat de Wag. inrichting niet alleen zorgt voor hare eigen leerlingen, maar ook in breedere kringen nut sticht.

Te lang hebben vele leeraren bij het doceeren zich moeten baseeren op de resultaten van de waarnemingen onzer buren en ontbraken hun de hulpmiddelen, om na te gaan of de omstandigheden, die hier heerschen, geen wijzigingen in de conclusiën eischen.

Bij een onderzoek van den vorm van den groven den in Nederland is het mij persoonlijk reeds gebleken, dat de Duitsche tabellen hier bij nauwkeurig werk niet mogen worden toegepast. Is men niet in staat den houtvoorraad voor en na de toepassing van een bepaalden cultuurmaatregel exact vast te stellen, dan is het natuurlijk ondoenlijk den invloed van dien maatregel op den groei der boomen onder cijfers te brengen en dus de balans op te maken tusschen kosten en opbrengst.

Dank zij de tegemoet komende houding der Regeering is het mij mogelijk gemaakt met behulp van een assistent en amanuensis den vorm van de grove dennen in Nederland te bestudeeren, om zoodoende, wanneer binnenkort het boschbouwproefstation wordt opgericht, gereed te zijn met een onmisbaar hulpmiddel voor verder onderzoek.

Velen in den lande hebben langen tijd in den waan verkeerd, dat jongelieden met beperkte geestvermogens in staat waren om in Wageningen met goed gevolg de lessen aan de R. H. L. T. & B. S. te volgen.

Een vader, die een zoon bezat, welke in den vacantietijd met watersalamanders en andere bij de jeugd geliefkoosde natuurproducten thuis kwam, verbeeldde zich, dat die jongen voor de landbouwstudie geknipt was. Onder zulke typen schuilen inderdaad dikwijls uitstekende elementen, maar liefde voor de natuur alleen is niet meer voldoende.

Gelukkig beginnen nu betere meeningen algemeen door te dringen, maar toch komen er toch nog curieuse dwalingen aan den dag.

Zoo wendde zich dezen zomer een ingezetene van Amsterdam tot den Directeur der R. H. L. T. & B. S. met de mededeeling, dat zijn jongen niet langer op de lagere school wilde blijven. Hij werd voortdurend door zijn hulponderwijzer gepest en zou zich daarom liever voor den tuinbouw gaan bekwamen. Met het oog op de bescheiden finantieele positie van den vader werd gevraagd naar de billijkste voorwaarden van opname aan de Wag. school, waarbij overvraging moest worden uitgesloten, want de vader moest met hard werken in zijn onderhoud voorzien!

Helaas ondervindt elk jaar een belangrijk deel der eerste jaars studenten, dat het niet gemakkelijk is om aan de eischen van het propaedeutisch examen te voldoen. In doorsnede slagen slechts een 60 % en velen candidaten gelukt het niet een volgend jaar een beter resultaat te behalen. Zij verdwijnen geleidelijk uit onzen gezichtskring.

Gedeeltelijk is zulks toe te schrijven aan het feit, dat zij onvoldoend rijp hier aankwamen.

Er bestaat een groot verschil tusschen het onderwijs aan een H. B. S. en aan een H. S. Aan eerstgenoemde inrichting is er een voortdurend innig contact tusschen

docent en leerling. Er wordt steeds gerepeteerd en overhoord. Voor vele vakken wordt geregeld huiswerk opgegeven en dit nagezien. De ouders en voogden houden een wakend oog op de studie en de meeste hunner dwingen de jongelieden tot geregeld werken op vastgestelde uren.

Waar een 100-tal studenten in het propaedeutisch jaar te gelijkertijd dezelfde colleges te volgen hebben, kan er weinig sprake van contact tusschen docent en student zijn. Responsiecolleges vallen in den regel weinig in den smaak der studenten en zou het in flagranten strijd zijn met hunne opvattingen van vrije studie, zoo hen huiswerk werd opgegeven en dit werk werd nagezien.

In het eerste wintersemester willen velen ruimschoots van de gouden vrijheid genieten, maar zijn daardoor maar al te vaak spoedig niet meer in staat de colleges te volgen.

De vraag komt meermalen bij een deel der docenten op: Is het gering percentage der geslaagden ook niet gedeeltelijk aan ons docenten te wijten? Stellen wij onze eischen niet te hoog? Ieder voor zich is aanstonds bereid een ontkennend antwoord te geven, wat hem zelf betreft. Eerder zal hij geneigd zijn te beweren, dat een collega in deze te kort schiet.

Wanneer men lange jaren in de praktijk is werkzaam geweest en zijn oogen heeft gebruikt, dan merkt men, dat de beste ambtenaren, de flinkste administrateurs van landelijke ondernemingen niet altijd van huis uit de geleerdste waren. IJver, toewijding en karakter kunnen veel eerder iemand op den voorgrond in het leven plaatsen dan schoolsche geleerdheid.

Onze tijd stelt voortdurend hoogere eischen, wat ontwikkeling aangaat, en het individu moet, of hij wil of niet, daaraan voldoen.

Maar is het noodig, dat hij in de enkele jaren, die hij aan een H. S. vertoeft, al zijn theoretische kennis opdoet, of zou het niet de voorkeur verdienen, dat men uitgaat van de gedachte, dat de jonge man slechts behoeft te worden voorbereid zich zelf in het leven die kundigheden eigen te maken, die hij voor zijn beroep blijkt noodig te hebben?

Zoodoende zal hij met meer toewijding werkzaam zijn en aan het einde van zijn leven over een schat van kennis beschikken.

Bij de reorganisatie van 1916 is de studietermijn van 3 tot 5 jaar verlengd en is in de laatste jaren het aantal leerkrachten aanmerkelijk uitgebreid. De tegenwoordige Regeering bewees daarmede, dat het haar ernst is om ons te helpen.

Elke nieuwe docent maakt al heel spoedig het verlangen kenbaar, dat zijn vak ook examenvak zal worden, want is zulks niet het geval, dan zal hij, vooral tegen den examentijd, veelal tegenover een klein auditorium staan.

Voor den student is er alles aan gelegen in de eerste plaats zijn diploma te behalen en moet hij zich dus uit eigen belang beperken.

De eenige ware uitkomst in deze is het inkrimpen van het aantal verplichte examenvakken tot een zeer gering getal en daarnaast den candidaten de keuze over te laten uit bepaalde groepen van vakken. Helaas acht men deze regeling slechts mogelijk na het candidaat-ingenieurs examen.

Het is te hopen, dat nog eens ernstig overwogen zal worden, in hoeverre bij het propaedeutisch examen ook niet vereenvoudiging van het examen doorvoerbaar zou zijn in zooverre, dat in het eerste halve jaar gegeven werd een comprimé van het vak en in de tweede helft dan dieper doorgedrongen werd in bepaalde onderdeelen. Het examen zou dan loopen over de stof van het eerste halve jaar en over ruimere kennis in een klein aantal vakken, ter keuze van den candidaat.

Er zijn studenten, wie b.v. met moeite eenige kennis is bij te brengen van de hoogere wiskunde, maar die zich aangetrokken gevoelen tot de plantkunde. Andere brengen het bij een scheikundige analyse nooit tot een redelijke uitkomst. Wie zal nu durven beweren, dat dergelijke personen niet eenmaal sierraden van hun beroep kunnen worden?

Waar zij op bepaalde onderdeelen in kennis te kort schieten, hebben zij dat bij hunne studie bespeurd en zullen zij wel zoo verstandig zijn in voorkomende gevallen het advies in te winnen van beter onderlegde collega's.

Natuurlijk mag er geen sprake van zijn, personen, die in vele vakken blijken achterlijk te zijn, met een diploma van hier de maatschappij in te zenden.

Aan hen mag door het uitreiken van een titel geen

voorsprong boven anderen worden gegeven. Zij hebben in de praktijk den volledigen strijd te voeren.

Den 12den Juli j.l. vertrouwden wij aan den doodenakker toe het stoffelijk overschot van onzen hooggeachten collega H. M. J. F. Thijs c. i. Nog geen jaar was hij aan onze school werkzaam geweest, of stormenderhand had hij ons aller sympathie weten te veroveren. Het onderwijs verloor in hem een onzer beste krachten, die wij juist nu, nu er sprake is de theoretische opleiding der landmeters bij het kadaster aan de Wageningsche inrichting te verbinden, zoo uiterst moeilijk konden missen. Met volle toewijding was hij reeds begonnen, nog alvorens aangaande deze opleiding door de Regeering eene beslissing genomen was, zich het lot van enkele gemobiliseerde adspirant-landmeters aan te trekken en kwamen deze geregeld van zijn breede kennis op het gebied der geodesie profiteeren.

Twee onzer studenten werden in de kracht van hunne jaren uit het leven gerukt.

De cand.-houtvester H. A. Zijlstra had zich gedurende zijn $2^1/_2$-jarige studie in Wageningen bij zijn docenten doen kennen als een ernstig werker. Zijne vrienden stonden in Maart verslagen aan zijn groeve. Zij hadden plotseling een trouwen, diepvoelenden kameraad verloren.

Even brusque werd den 23sten Juni, na een kortstondig lijden, het gevolg van een noodlottig ongeval, uit ons midden weggerukt Roelof Popping. Met groote toewijding had hij zijn studie in Wageningen begonnen en mochten ook van dezen jongeling goede vruchten voor de toekomst worden verwacht.

Bleef ons dit jaar het leed niet bespaard, gelukkig kunnen wij ook gebeurtenissen vermelden, die stof tot dankbaarheid geven.

Den 1sten September 1916 vierden twee onzer, Prof. Dr. J. Ritzema Bos en Dr. O. Pitsch, hun veertig jarig jubileum. Algemeen is het in landbouwkundige kringen bekend, wat deze stoere mannen voor de agronomie in Nederland hebben verricht.

Menig jong student ziet met eerbied en naijver op tot deze beide mentors, die het ware levenselixir blijken gevonden te hebben.

Feitelijk behoort het voorafgaande thuis in het schooljaar

1915/1916, maar aangezien beide jubelarissen door een commissie uit het personeel in het begin van dit schooljaar werden gecomplimenteerd, is er alle aanleiding toe, het heugelijke feit thans te vermelden.

Wel valt in het afgeloopen schooljaar het 40-jarig jubileum van den heer L. Broekema. Jaren lang stond hij als directeur aan het hoofd van de school en ondanks dat hij overkropt met werkzaamheden was, wist hij buiten zijn leeraarschap nog in belang van den nationalen landbouw en veeteelt nuttig werkzaam te zijn. Ik behoef hier slechts zijn kruisingsproduct de Wilhelminatarwe te vermelden.

Ongetwijfeld ben ik de tolk van het geheele personeel onzer school, wanneer ik den heer Broekema nogmaals hulde en dank betuig voor de voorbeeldige wijze, waarop deze gedurende een lange reeks van jaren de directorale waardigheid heeft bekleed.

De bibliothecaris, de heer A. A. van Pelt Lechner, nam in het schooljaar 1616/1917 nog gedurende korten tijd de betrekking waar, maar noopte zijn gezondheidstoestand hem zijn ambt neer te leggen.

Een woord van dank voor de wijze, waarop hij de belangen van de bibliotheek heeft behartigd is hier zeker niet misplaatst.

In den loop van het jaar hielden de heeren H. M. J. F. Thijs c.i., J. Haringhuizen c.i. en Dr. F. C. Wieder hunne inauguratierede.

De eerstgenoemde trad op als leeraar in landmeten en waterpassen, de tweede als docent in werktuigkunde, weg- en waterbouwkunde, bevloeien, burgerlijke bouwkunde en landbouwarchitectuur. Dr. Wieder vervult de functie van bibliothecaris.

Ongetwijfeld mogen deze mannen als een groote aanwinst voor de school beschouwd worden, maar, zooals te voren reeds vermeld, rukte de dood helaas spoedig den heer Thijs uit ons midden.

Dr. K. A. Hoekstra werd benoemd tot buitengewoon leeraar in eerste medische hulp en tropische hygiëne.

Dr. Z. Kamerling, leeraar in de teelt van meerjarige tropische gewassen en Dr. N. Goslings, bacterioloog, verkregen op hun verzoek eervol ontslag uit hunne betrekking.

In plaats van eerstgenoemde werd Dr. d'Angremond aangesteld, maar aangezien de werkzaamheden aan het landbouw-

proefstation te Klaten hem blijkbaar meer aantrekken, bedankte hij voor de benoeming. Tengevolge van den onzekeren toestand, waarin de school verkeert gelukte het nog niet, een bodembacterioloog, die toch inderdaad aan een hooger inrichting voor landbouwonderwijs onmisbaar is, duurzaam aan de school te verbinden. Het aantal assistenten werd in 1916/17 wederom uitgebreid, zoodat ook hieruit blijkt, dat de tegenwoordige Regeering haar goeden wil toont om het peil van het onderwijs op te voeren.

Tijdens de studiereis van den heer J. van Baren gaf de heer C. H. Oostingh, assistent voor geologie, met groote toewijding en voldoening een deel der colleges.

Dr. K. Zijlstra, afdeelingschef aan het Instituut voor veredeling van landbouwgewassen, viel de eer te beurt, te worden benoemd tot mede-directeur van het Landbouwproefstation te Groningen.

Aan het tuinbouwonderwijspersoneel werd belangrijke uitbreiding gegeven door de aanstelling tot leeraar van Dr. A. H. Blaauw en A. M. Sprenger.

Verondersteld mag worden, dat door hunne benoeming weldra over goed geschoolde krachten, noodig voor de oprichting van een instituut voor wetenschappelijk tuinbouwonderzoek, zal worden beschikt. De heer J. Paul Stricker werd benoemd tot administrateur van de inrichting. Door het scheppen van deze betrekking worden de opvolgende directeuren ontlast van veel zorg, doordat zij weten dat de administratie is toevertrouwd aan een persoon, die ten volle daarvoor berekend is.

De reeds bestaande instituten, te weten het instituut voor landbouwwerktuigen en -gebouwen, dat voor phytopathologie en dat voor veredeling van landbouwgewassen, verstrekten in het afgeloopen schooljaar aan belanghebbenden bij de bodemcultuur in Nederland op ruime schaal voorlichting.

De „Mededeelingen", het periodiek der R. H. L. T. & B. S. moest uitgebreid worden, daar het niet mogelijk bleek, de talrijke bijdragen der docenten op tijd te kunnen publiceeren.

Het heden verschenen jaarverslag van het Natuurwetenschappelijk gezelschap, opgericht te Wageningen in 1876, legt getuigenis af van het opgewekte geestelijke leven en van de ruime gedachtenwisseling tusschen het personeel

van de school en dat der hier gevestigde landbouwinstituten.

Niet ten onrechte is Wageningen genoemd het landbouw Athene van Nederland.

Jaren lang werd de R. H. L. T. & B. S. slechts door een zeer gering aantal jongelieden bezocht. De praktijk gevoelde weinig behoefte aan gediplomeerde landbouwkundigen en de geringe vooruitzichten van de afgestudeerden hadden ten gevolge, dat de studie uit den aard der zaak niet kostbaar mocht zijn en dus beknopt moest blijven. Er heerschte daardoor een ongunstige wisselwerking.

Geleidelijk is daarin echter verbetering gekomen. Naar mate men meer algemeen begon in te zien, dat de praktijk van den landbouw kon profiteeren van de voorlichting der theorie, nam de vraag naar gediplomeerden toe en daarmede het bezoek van de school en werd het onderwijs uitgebreid.

De groote toename dateert na 1904. Bedroeg toen het aantal bezoekers slechts 59, in 1913/14 kon op 249 studenten gewezen worden.

Tengevolge van de mobilisatie valt daarna een kleine vermindering te constateeren, die evenwel spoedig werd tot staan gebracht.

In het schooljaar 1916/17 waren in het geheel ingeschreven 251 personen en wel verdeeld als volgt:

1e studiejaar	92
Nederlandsche Landbouw II . .	10
Tropische Landbouw II . . .	19
Nederlandsche Boschbouw II . .	1
Tropische Boschbouw II . . .	9
Tuinbouw II	3
Nederlandsche Landbouw III . .	10
Tropische Landbouw III . . .	26
Nederlandsche Boschbouw III. .	1
Tropische Boschbouw III . . .	21
Tuinbouw III	1
Nederlandsche Landbouw IV . .	8
Tropische Landbouw IV . . .	3
Tropische Boschbouw IV . . .	13
Nederl. Landbouw V (M. O.) .	3
Toehoorders	24
Suikerlaboratorium	7
Totaal	251

Deze officieele opgave wijst een grooter aantal studeerenden aan, dan die, voorkomende in den Wag. Studenten almanak. Het slechte gebruik, waarover aan de Leidsche Universiteit geklaagd wordt, bestaat dus hier blijkbaar niet. De landbouwstudent geeft den keizer wat des keizers is. En de enkele ontaardde, die tracht de voorschriften te ontduiken, wordt aanstonds door den nauwgezetten administrateur op den goeden weg geholpen.

De sterke stijging in 1904 is te wijten aan de reorganisatie, waarbij vrije studie werd ingevoerd en het onderwijs aansluiting verkreeg aan den 5-jarigen cursus eener H. B. S.

Het grootste gedeelte (3/4) der studeerenden is bestemd vóór de koloniën en il y a de quoi.

De groote landbouw en vooral de suikercultuur heeft de ervaring opgedaan, dat kundige leiders een hoog loon waard zijn. Tantièmes van f 50.000 boven het jaarlijksche tractement zijn geen zeldzaamheden en sporen natuurlijk de ouders aan, hun zoons goed voorbereid naar Indië te zenden, wel wetende, dat geld, vastgelegd in studie, de hoogste rente kan afwerpen.

Verder heeft het Ind. Gouvernement in de laatste jaren een 40 à 50 candidaat-houtvesters in Wageningen in studie en beginnen zich meerdere jongelieden hier te bekwamen met het doel, om later landbouwleeraar in Indië te worden.

Het getal studenten voor Nederland verdubbelde van 1904 tot 1913/1914. In dat laatste jaar bedroeg het 62.

Het verdeelde grondbezit in Nederland maakt het den meesten landbouwers hier ondoenlijk, vooraf in Wageningen een kostbare studie te volgen. De Regeering profiteert van de school door de opleiding der Rijkslandbouwleeraren, die in de Provincies voorlichting verstrekken.

Nu door den oorlogstoestand krachtig ingegrepen moet worden in de voortbrenging en verdeeling der landbouwproducten, zal men in den Haag ongetwijfeld het gebrek gevoeld hebben aan een voldoend aantal deskundigen. Aan de weinige agronomen, die zich meer speciaal met de economische zijde van hun vak bezig hadden gehouden, werden in de laatste jaren zeer belangrijke positie's in den lande toevertrouwd.

Het is te hopen, dat nu er te Wageningen beter gelegenheid geboden wordt om den landbouw in verband

met de staatswetenschappen te bestudeeren, het aantal groot-grondbezitters, dat zijn zoons naar hierheen zendt, belangrijk zal toenemen.

Er zijn in Nederland te veel juristen en te weinig agronomen op het platte land en zou de algemeene welvaart er ongetwijfeld bij gebaat zijn, zoo er minder geprocedeerd maar meer geproduceerd werd.

Ongetwijfeld zal, zoodra de wet is aangenomen en een einde komt aan de tegenwoordige anomalie, dat 2 maal het diploma „landbouwkundige" wordt uitgereikt, eenmaal na afloop van de 3 en andere maal na afloop van de 5-jarige studie, het bezoek der R. H. L.-, T.- & B. S. sterk toenemen.

De ongelukkige titel zal dan vervangen worden, ten spijt van de Delftsche ingenieurs, door dien van cand. en landbouwkundig ingenieur.

Ook zal het dan mogelijk worden, den doktorshoed te Wageningen te behalen.

Binnen 5 jaar kan het aantal studenten hier volgens mijn vaste overtuiging verdubbelen.

Het aantal jonge dames, dat de landbouw colleges volgt, is gering. De sociale toestand in onze kleine gemeente is gezond en baart de vrouwelijke studenten geen zorg, zoodat zij zich rustig aan hun eigenlijke taak kunnen wijden. Zij vervullen hier met succes eenigszins de functie van snoek in den karpervijver. Door hun voorbeeldig, actief optreden beletten zij den mannelijken student toe te geven aan zijn natuurlijke neiging tot loomheid en moet hij zich verheffen of hij wil of niet. Zij houden hem gedeeltelijk van het modderen terug.

Wel wordt wellicht in de laboratoria door onachtzame samenwerking meer glaswerk gebroken dan onder normale omstandigheden het geval zou zijn, de teedere banden te midden der prikkelende gassen gesmeed, bewezen in Indië reeds eenige malen de landbouwwetenschap door cooperatie bij het onderzoek, ten goede te komen.

Tengevolge van den oorlogstoestand was het aantal buitenlanders, dat gedurende het schooljaar 1916/1917 onze inrichting kwam bezichtigen, gering. Met veel genoegen wordt hier herinnerd aan het bezoek van „Indië Weerbaar" en aan de waardeerende woorden van enkele hunner leden. Zij hadden na bezichtiging der gebouwen en na bespreking

met het leeraarspersoneel de overtuiging verkregen, dat hooger landbouwonderwijs ook voor Ned. Indië van zeer groote beteekenis was. Men betreurde het, dat de Javanen niet meer van de Wag. school profiteerden en sprak de hoop uit, dat het Ind. Gouvernement, door het geven van studietoelagen even als reeds thans bij de a.s. houtvesters geschiedt, op ruime schaal den inlanders de gelegenheid zou bieden om in Nederland de grondslagen van den landbouw te bestudeeren.

Het bevorderen van het Hooger onderwijs is voor de nationale welvaart in Indië een zaak van ver strekkende beteekenis. Helaas is het aantal inlanders, dat jaarlijks een H. B. S. in Indië absolveert, uiterst gering. De weinige hunner, die zich tot de landbouwstudie aangetrokken gevoelen, kunnen zeker op afdoende en goedkoope wijze, door uitzending naar Nederland worden geholpen.

Met zeer goed succes legde dit jaar Raden Mas Iso zijn examen af voor Ind. landbouwkundige. Ook de heer Thung Tjeng Hiang gaf bij het propaedeutisch examen het bewijs, dat het Oosten kundige jongelieden bezit.

In verband met het hier meermalen geciteerde aanhangige wetsontwerp, bezochten meerdere leden van de 2de Kamer der S.G. Wageningen, teneinde zich van den toestand der school op de hoogte te stellen.

In het begin van het schooljaar werd het boschbouwonderwijs overgebracht naar Hinkeloord, een ruime villa met uitgebreid park, door de Regeering voor 3 jaar gehuurd met recht van inkoop.

Uit dit feit mag afgeleid worden, dat de Regeering genegen is het boschbouwonderwijs, dat jaren lang stiefmoederlijk behandeld werd, milder te bedeelen. Op de begrooting voor 1917 was een post gebracht voor een studiereis van den a.s. directeur voor het boschbouwproefstation en ligt het in de bedoeling, dezen leider tevens als docent aan de R. H. L. T. & B. S. te verbinden, zoodat weldra over 4 leerkrachten kan worden beschikt. Jaren lang waren er slechts 2, waarvan de een bovendien belast was met het onderwijs in de Kol. hooglandcultures.

Helaas werd in 1917 geen uitvoering gegeven aan den voorgenomen bouw van een nieuwe bibliotheek en een huisvestiging voor dendrologie.

Zoolang de Volksvertegenwoordiging het aanhangige wetsontwerp niet heeft aangenomen en dus onzekerheid blijft bestaan aangaande de plaats van vestiging van de L. H. S., is het verklaarbaar, dat niet wordt overgegaan tot het oprichten van nieuwe gebouwen. De tegenwoordige toestand blijft daardoor dan ook uiterst belemmerend werken.

Het Ministerie van Binn. Zaken, in aanmerking nemende het brandgevaar, dat onze bibliotheekslocaliteiten (ze nemen een deel der zolders van het hoofdgebouw in beslag) loopen, weigerde stukken uit het rijksarchief aan onzen bibliothecaris af te staan!

Met uitzondering van een schuur op de boerderij het Groenewoud werd in 1916/17 niets van beteekenis ten behoeve van de R. H. L. T. & B. S. gebouwd en bleven daardoor vele docenten verstoken van de noodige ruimten om hun onderwijs naar behooren in te richten.

Met ingang van het schooljaar trad een nieuw reglement in werking. Het bestuur der inrichting werd daarbij opgedragen aan den directeur, een raad en het dagelijksch bestuur. De raad bestaat uit alle gewone en buitengewone leeraren der school. Het dagelijksch bestuur is samengesteld uit den directeur, en zes leden, door den raad uit de gewone leeraren te benoemen.

Het vigeerend reglement doet den ontwerper alle eer aan, doch deze heeft voor een uiterst moeilijke taak gestaan en zal dan ook wel de laatste zijn te beweren, dat de tegenwoordige regeling in alle opzichten blijkt bevredigend te werken. Met een enkel voorbeeld moge het tegendeel worden aangetoond.

Wijlen de Minister Talma vestigde er in de 2e Kamer der S.G. de aandacht op, dat onze inrichting officieel behoort tot het M.O., maar inderdaad is een Hooge School, waar met beperkte hulpmiddelen, onder moeilijke omstandigheden, door een corps verdienstelijke mannen is gegeven hooger onderwijs, een hooger onderwijs, dat reeds een aantal voortreffelijke mannen aan den Nederlandschen en aan den Kolonialen landbouw heeft geleverd. Die zelfde Minister heeft, zooals hier te voren reeds vermeld, niet geschroomd in het openbaar te verklaren, dat meerdere opéén volgende Regeeringen zich weinig of niets hebben gelegen laten liggen aan de verdere ontwikkeling der R.H.L.T. & B.S.

We bebben dus hier te doen met een inrichting, die zich tegen de verdrukking in steeds min of meer clandestien heeft opgewerkt. Zoo was het feitelijk niet en règle, dat de commissie van toezicht werd afgeschaft. Het aanzien van de school gedoogde echter dien vorm van controle niet meer. Men kan evenwel, zoolang de aanhangige wet op het landbouw- en diergeneeskundig hooger onderwijs niet is in werking getreden, moeilijk overgaan tot het benoemen van een raad van curatoren.

Zoodoende is de onhoudbare toestand geschapen, dat de R.v.Leeraren min of meer tevens als R.v.Curatoren moet optreden, maar daardoor gemist wordt een college van hoogstaande mannen, dat de zaken te beoordeelen heeft, geheel gescheiden van persoonlijke belangen, die natuurlijk onwillekeurig in den R.v.L. naar voren treden en daardoor de gestie van dat lichaam onwillekeurig wordt belemmerd.

Met onstuimig verlangen zien hier en ook daarbuiten velen, die gevoelen, dat de landbouwwetenschap krachtig moet bevorderd worden, de a.s. behandeling van het aanhangige wetsontwerp tegemoet.

De voldoening zal voor U, hooggeachte Heer Directeur-Generaal v/d Landbouw, die reeds zoovele jaren Uwe beste krachten aan het tot stand komen v/h wetsontwerp besteedde, groot zijn, zoo eenmaal een beslissing is genomen.

Het eenig belangrijke punt van verschil bij de leden v/d 2de Kamer der S.G., „de plaats van vestiging", mag geen aanleiding geven tot langer dralen en nog veel minder tot verwerping van het ingediende voorstel.

Het is hier de plaats niet, om het pro en contra, wat Wageningen betreft, te bespreken, maar mocht het een feit worden, dat de Volksvertegenwoordiging tot verplaatsing besloot, dan zullen vele oudere docenten het met mij voor de gemeente betreuren. Zij zouden ongetwijfeld met zekeren weemoed aan een eventueelen exodus deel nemen, want niet uit sleur, maar uit sympathie voor deze, hen liefgeworden gemeente hebben zij zich hier thuis leeren voelen. Zij zijn er erkentelijk voor, dat de kleine gemeente zich feitelijk boven haar krachten heeft ingespannen om de school aan zich te binden.

Het verheugt mij te kunnen constateeren, dat de verhouding tusschen de studenten en het leeraarspersoneel in 1916/17

gekenmerkt werd door een hooge mate van harmonie. Des te meer is zulks met vreugde te vermelden, dewijl eenige jaren geleden de wederzijdsche sympathie ernstig dreigde verstoord te worden. Een deel der studenten was in den waan gebracht, dat het aan den Raad van Bestuur was te wijten, dat de zoo hoog noodige verbeteringen op zich lieten wachten.

Ware toen niet klaarheid gebracht in meerdere verkeerde opvattingen, dan zouden in 1916/17 in het overgangs stadium bepaald onaangename conflicten hebben plaats gevonden, want de moeilijkheden door den onzekeren toestand, waarin de school dit jaar verkeerde, werden niet weinig vergroot door de tijdelijke mobilisatie van een belangrijk deel der studenten, gebrek aan gas in de laboratoria enz. Van een geregelden gang van zaken kon dan ook weinig sprake zijn.

Toch bleven wij verschoond van onaangename verwijten, dat eerst enkele dagen voor het begin der examens de programma's verschenen. Van onze zijde werd algemeen een tegemoetkomende houding aangenomen en gaven de diensten aan den lande als militair bewezen wellicht wel eens den doorslag aan den wijzer van de balans, waarop de kennis van den student bij het afleggen van zijn examen werd afgewogen.

De gemoedelijke tijden van weleer zijn voorbij, toen er docenten waren, die de studenten op straat met hun voornamen begroetten, maar gebleven is een warme belangstelling van zijde der leeraren in het lot der afgestudeerden en met rechtmatigen trots worden de docenten vervuld, wanneer oud-leerlingen hier of in den vreemde tot belangrijke betrekkingen worden geroepen.

Van het standpunt der onderlinge harmonie is het te betreuren, dat er in Wageningen naast het studentencorps een studentenbond bestaat en zoodoende in het latere leven belet, dat de gediplomeerden van hier schouder aan schouder staan, om daardoor te bereiken, dat zij als beoefenaars van een jonge wetenschap in Nederland en elders de positie in de maatschappij bekleeden, die hen somtijds wordt bestreden, maar waarop zij ten volle rechten kunnen doen gelden.

Geld en geboorte spelen bij deze splitsing gelukkig

geen rol in Wageningen en is het alleen het groenloopen, dat een deel der nieuw aangekomenen terugschrikt om tot het studentencorps toe te treden. Zou er nu geen vorm te vinden zijn, dat dat groenloopen geschiedde op een wijze, dat beide partijen er zich aan konden en wilden onderwerpen?

De jongeren zijn het meest aangewezen om met hun tijd mee te gaan en het zou de Wageningsche studentenwereld zeker tot eer strekken, wanneer zij wist te breken met oude gebruiken, die volgens velen niet meer in onzen tijd thuis hooren.

De ontstemming, die hier een tijd lang geheerscht had, was helaas ook naar Indië overgeslagen en kwam tot uiting op de Alg. Vergadering van de Vereeniging van Ambtenaren bij het Boschwezen in N. O. I. op 3 Oct. 1915.

Met voldoening kan medegedeeld worden, dat die stemming gelukkig geheel is omgeslagen. Op de vergadering van genoemde vereeniging, gehouden den 23 en 24 Oct. 1916 werd in een motie de overtuiging uitgeproken, „dat men „te Wageningen wel degelijk op den goeden weg was en „werden de in behandeling zijnde maatregelen doorgevoerd „en het aanhangige wetsontwerp aangenomen, dan mag „worden verondersteld, dat de opleiding der hoogere bosch-„ambtenaren spoedig aan alle in redelijkheid te stellen „eischen zal voldoen, zoo dat er aanleiding bestaat om terug „te komen op het door de vereeniging ten vorige jare „uitgesproken oordeel, als zou het bij onvoldoende verbetering „der Wag. school aanbeveling verdienen, deze opleiding „weer naar het buitenland te verleggen."

Een woord van hulde is hier zeker niet misplaatst aan het adres van onzen wakkeren collega J. van Baren, die op de vergadering aanwezig was en de leden der Vereeniging afdoende inlichtte.

Zijn reis naar Indië mag een evenement genoemd worden voor onze school.

Door zijn krachtig aandringen heeft hij de Regeering in het Moederland weten te overtuigen, dat het voor het onderwijs van het hoogste belang is, dat de Wag. docenten door eigen aanschouwing Indië leeren kennen. Met groote voldoening zullen dan ook velen gelezen hebben, dat de Minister Posthuma op blz. 16 van zijn Memorie van Antwoord van 6 Maart 1917 verklaart: „Voorts is het als noodzake-

„lijk te beschouwen, dat aan de docenten voor de tropische „afdeeling af en toe de gelegenheid wordt gegeven zich „ter plaatse van den vooruitgang van praktijk en wetenschap „op de hoogte te houden."

Niet altijd hebben even ruime opvattingen bij alle betrokken autoriteiten in den Haag geheerscht. Niet alleen voor het onderwijs, maar ook voor den kol. landbouw in het algemeen kan het nuttig zijn, dat op congressen in Indië Wageningen wordt vertegenwoordigd.

De vereeniging Studiebelangen gaf ook in het afgeloopen jaar bewijzen, dat de studeerenden er op bedacht zijn door sprekers van buitenaf uit te noodigen, hunne kennis ook in andere richtingen, dan die van het genoten onderwijs te willen uitbreiden.

De Wag. Stud. Tooneel Vereeniging zorgde er voor, dat de band tusschen de burgerij en de studenten niet werd verbroken. In den loop der jaren is menig Wageningsche jonge dame via Tooneelvereeniging of tennisclub in het huwelijksbootje getreden en werd daardoor Indië verrijkt met beschaafde elementen.

De roeivereeniging Argo trad dit jaar meer dan vroeger op den voorgrond en het mag een heugelijk feit genoemd worden, dat de Wag. watersport aan de pers een uiterst gunstige critiek ontlokte.

We behoeven onze sympathie niet zoo ver uit te strekken als in Oxford geschiedt, waar men in het jaarverslag der universiteit met veel ophef releveert, wie op de groote roeiwedstijden uitblonk! Wij Wag. willen ons tevreden stellen onze groote voldoening uit te spreken over Argo's bloei, die onzen studenten gezondheid en opwekking schenkt. Is het niet een bewijs van moed en zelfvertrouwen, dat een der leden van Argo in het afgeloopen jaar met een kleine tjotter de Zuiderzee waagde over te steken! Zulk een stoutmoedigen jongeling kan men met vertrouwen een exploratietocht door de tropische oerwouden opdragen. Een woord van hulde ook aan den wakkeren leider onzer jonge Argonauten!

Toen ik een jaar geleden het directeurschap aanvaardde, geschiedde zulks niet zonder zekere bezorgdheid. Ik besefte maar al te zeer, hoe zwaar het mij zou vallen U, geachte heer Broekema te vervangen. Ik heb echter niet

lang geaarzeld. Toen U mij aanspoorde en mij Uw hooggewaardeerde hulp toezegde, meende ik de vereerende opdracht te moeten aannemen. Ik heb verder vertrouwd op de medewerking van de leden van het Dag. Best., van den Raad van Leeraren en van het personeel aan de school verbonden. Dat vertrouwen is niet beschaamd geworden. De wijze wenken van mijn voorganger en de groote toewijding van den Secretaris van onze beide besturende colleges waren voor mij van onschatbare waarde en ben ik daarvoor zeer erkentelijk.

Mijn taak is niet altijd even gemakkelijk geweest. Het ranke boote was te sterk bemand om gemakkelijk over de baren, die in den beginne somtijds zeer woelig konden zijn, te worden gestuurd.

Gelukkig is thans algemeen het besef doorgedrongen, dat wil men met volle zeilen vooruitkomen, eendrachtig in dezelfde richting moet worden gestuurd.

Den heeren administrateur, bibliothecaris en het overige personeel betuig ik mijn bijzonderen dank voor de krachtige medewerking, waardoor zij mijn taak ongemeen hebben vergemakkelijkt.

Met een gerust gemoed draag ik thans mijne waardigheid aan U, geachte collega Aberson, over. Moge onder Uw wijs beleid de bloei onzer inrichting krachtig toenemen.

Leve de nieuwe Directeur, heil de R. H. L.-, T.- & B. S. aan den vooravond van hare lang verbeide verheffing!

Ik heb gezegd.

PRIMAIRE DRIEHOEKSMETING, ALS ONDERDEEL VAN GRAADMETING, IN NEDERLAND,

OPENBARE VOORDRACHT, GEHOUDEN BIJ DE AANVAARDING VAN ZIJNE BETREKKING ALS LEERAAR IN HET LANDMETEN EN WATERPASSEN AAN DE RIJKS HOOGERE LAND-, TUIN- EN BOSCHBOUWSCHOOL OP 12 OCTOBER 1917,

DOOR

IR. J. W. DIEPERINK.

Mijne Heeren Directeur en Leeraren, Dames en Heeren Assistenten en Studenten aan deze school,

en gij allen, die door Uwe tegenwoordigheid van Uwe belangstelling doet blijken,

Zeer geachte Toehoorders,

Geroepen tot het ambt van leeraar in het landmeten en waterpassen aan de Rijks Hoogere Land- Tuin- en Boschbouwschool, wensch ik bij de aanvaarding dezer betrekking mijne voordrachten te beginnen met het houden eener rede over het onderwerp:

Primaire Driehoeksmeting, als onderdeel van Graadmeting, in Nederland.

Alvorens tot het eigenlijke onderwerp te komen, mogen hier eenige algemeene beschouwingen voorafgaan.

Volgens de heden ten dage geldende hypothese over het ontstaan van het zonnestelsel, is de aarde een lichaam, dat zich door afkoeling en samentrekking uit een draaienden

kosmischen gasbal, onder werking van aantrekkingskracht en middelpuntvliedende kracht, tot zijne tegenwoordige gedaante ontwikkeld heeft.

Eén in een punt vrijhangend schietlood neemt onder de werking van de zwaartekracht eene bepaalde richting aan. Deze richting is die van de loodlijn, welke loodrecht staat op het oppervlak van eene in rustverkeerende vloeistof, die men zich in dat punt aanwezig kan denken.

Dit oppervlak over de geheele aarde zoodanig uitgebreid, dat het oneindig vele loodlijnen rechthoekig snijdt, is een niveauvlak der aarde. Van de oneindig vele niveauvlakken, wordt datgene, dat in het algemeen met den middelbaren stand der zee samenvalt, Geoïde genoemd.

De door de mareografen genoteerde waarnemingen, gepaard aan nauwkeurigheidswaterpassingen, hebben aangetoond, dat de gemiddelde waterstanden der zee beschouwd kunnen worden als tot eenzelfde niveauvlak te behooren. De gedaante dezer Geoïde te bepalen, is de taak der hedendaagsche wetenschappelijke Geodesie.

Dit vraagstuk is, het spreekt vanzelf, in den loop der tijden telkens opgelost onder invloed van de Hypothesen, die toenmaals over de gedaante der aarde waren opgesteld,

Op de primitiefste voorstelling, dat de aarde eene door de zee omsloten schijf zou zijn, volgden de leerstellingen van Pythagoras, Aristoteles en Archimedes, die aan de aarde den bolvorm toekenden.

De grootte der aarde is, uitgaande van deze hypothese, bekend, zoodra door metingen van eenen meridiaanboog met de lengte tegelijk het breedteverschil der eindpunten is bepaald.

In dat geval kan de lengte van den boog van den meridiaan, behoorend bij een breedteverschil van één graad berekend worden; vandaar de naam graadmeting toen aan deze soort metingen gegeven.

Voor eene graadmeting moeten dus naast astronomische bepalingen, afstandsmetingen worden verricht.

Deze laatste geschiedden bij de allereerste graadmetingen op zeer primitieve wijze, of werden zelfs alleen door schatting verkregen. Zoo bepaalde Erastostenes den afstand van Syene tot Alexandrië in dagreizen, ieder van een aantal

stadiën. Posidonius schatte den afstand Alexandrië — Rhodus even groot als die van Alexandrië naar Syene.

Behalve, dat de breedtebepalingen niet van groote nauwkeurigheid konden zijn, werd er ook niet al te sterk op gelet of de als meridiaanboog gemeten afstand wel met den eigenlijken meridiaan samenviel.

De eerste eigenlijke graadmeting werd in 827 n. Chr. door den Arabischen Kalief Al Mamoun in de omgeving van Bagdad uitgevoerd. Een boog van één graad van den meridiaan werd van een bepaald punt uitgaande naar het Noorden en Zuiden uitgezet en de afstand tusschen de uiterste punten door directe meting in arabische ellen bepaald.

Deze maat wordt nog teruggevonden op de peilschaal, op het eiland Rodah bij Kaïro aanwezig.

De Fransche arts Fernel gebruikte voor meting van den afstand Parijs-Amiens één der wielen van zijn reiswagen. De afgelegden afstand werd afgeleid uit den omtrek van dat wiel en het aantal der omwentelingen.

Het is onze landgenoot Willebrord Snellius geweest, die in het begin der 17e eeuw, bezwaren, aan groote directe afstandsmeting verbonden, wist op te heffen, door bij zijne tusschen Alkmaar en Bergen op Zoom uitgevoerde graadmeting, driehoeksmeting toe te passen.

Is in een driehoeksnet behalve de vereischte hoeken ééne zijde als basis gemeten, dan kunnen daaruit door berekening de overige zijden van het net worden afgeleid. Is directe meting van één der zijden door terreinmoeilijkheden uitgesloten, zoo kan eene gunstig gelegen en goed te meten basis gekozen worden en door een net van kleinere driehoeken aan het groote driehoeksnet worden verbonden.

Deze werkwijze, door Snellius uitgedacht, wordt nog steeds bij iedere driehoeksmeting toegepast.

In het geheel gebruikte Snellius voor zijn net 33 driehoeken en mat tevens eenige bases.

De noodige astronomische metingen deed hij in zijne woning, die hij door daar verrichte hoekmetingen aan drie bekende punten van zijn driehoeksnet verbond. Deze wijze van enkele puntsbepaling, door Snellius voor het eerst toegepast, en veelvuldig voorkomend bij secundaire drie-

hoeksmeting, wordt gewoonlijk een „Snellius" genoemd.

Naar Snellius' voorbeeld werden spoedig andere graadmetingen verricht.

Tusschen 1669 en 1670 werden door Picard metingen uitgevoerd, die als een begin van meer nauwkeurige graadmetingen zijn te beschouwen, door de betere hulpmiddelen, instrumenten en methoden, die daarbij werden gebruikt en toegepast.

De meting geschiedde ten noorden van Parijs in de richting van Amiens over een breedteverschil van 1^0. $12'$. Voor het eerst werd bij de hoekmetingen een kijker, als vizierinrichting, gebruikt.

De 11 K.M. lange basis werd gemeten met twee houten meetlatten, ieder 2 Toisen lang.

Het plan van Picard om zijne graadmeting naar het noorden tot Duinkerken uit te breiden en naar het Zuiden tot Collioure voort te zetten, werd uitgevoerd door de beide Cassini's, vader en zoon.

Deze metingen in 1718 voltooid, gaven resultaten, welke in strijd waren met de slingerwaarnemingen van Richer en met de theoriën van Huygens en Newton, volgens welke de aarde aan de polen zou zijn afgeplat. De uitkomsten der graadmetingen van Picard en de beide Cassini's gaven voor de graden van den meridiaan ten Noorden van Parijs een kleinere gemiddelde lengte, dan voor die ten Zuiden van Parijs gelegen, hetgeen zou wijzen op een aarde, die naar de polen zou zijn toegespitst.

Hieruit ontstond een hevige strijd, die jaren duurde.

De Fransche Akademie besloot daaraan een einde te maken, door expedities, voorzien van zoo nauwkeurig mogelijke instrumenten, uit te zenden naar twee landen op voldoend breedteverschil gelegen en wel één daarvan dicht bij den aequator.

De eene expeditie onder Bouguer, La Condamine en Godin vertrok in 1733 naar Peru; de andere onder Clairaut, Maupertuis en Celsius in 1736 naar Lapland. De beide expedities bevestigden door hunne verkregen uitkomsten de theoriën van Newton en Huygens.

De Laplandsche expeditie leed op hare terugreis in 1737 schipbreuk, waarbij de medegenomen kostbare Toise door

beschadiging, wetenschappelijk genomen, verloren ging.

De andere expeditie keerde in 1745 terug. Hun toise, sedert de „Toise van Peru" genaamd, werd te Parijs bewaard, en diende, door de copieën daarvan genomen, als vergelijkingsmaat voor volgende graadmetingen.

De tot nu toe geldende hypothese „de gedaante der aarde is die van een bol", kwam te vervallen en daarvoor kwam in de plaats: „de aarde is te beschouwen als een omwentelingsellipsoïde, met de kleine as als draaiingsas".

Vele graadmetingen volgden. Eén daarvan, die van Delambre en Méchain, genaamd „Base du Systême Métrique", mag zeker niet onvermeld blijven, daar zij leidde tot de vaststelling van den standaardmaat, den *meter*.

De Fransche afgevaardigde Talleyrand deed in 1790 in de Nationale Vergadering het voorstel, om een einde te maken aan het gebruik van de vele soorten van maten en gewichten in Frankrijk en om daarvoor in de plaats te stellen eenen Standaardmaat aan de Natunr ontleend en die als onveranderlijk zou zijn te beschouwen.

In 1791 stelde de Akademie aan de Nationale Vergadering drie grondslagen voor, om tot de maateenheid te geraken:

1°. de lengte van den secondeslinger;
2°. de lengte van den aequator;
3°. de lengte van den meridiaan.

Gekozen werd de lengte van den meridiaan en als maateenheid zou worden aangenomen 1 : 40.000.000 van deze lengte.

Een nieuwe graadmeting werd noodig geoordeeld.

In 1792 begonnen Méchain en Délambre hunnen arbeid. Als te meten boog was gekozen, die van den meridiaan van Duinkerken tot Barcelona over een breedsteverschil van 9° 40′. Zoowel de tusschen Mélun en Lieusaint bij Parijs gelegen basis, als de bij Perpignan gekozen contrôle-basis, werden met de Toise van Peru als vergelijkingsmaat gemeten.

De overeenstemming van de berekende lengte der contrôlebasis met die door directe meting verkregen, wees op een groote bereikte nauwkeurigheid.

Het verschil bedroeg 0.160 Toise.

De metingen duurden de Nationale Conventie te lang, zoodat op grond van oudere gegevens een „mètre provisoire"

werd aangenomen. In 1798 werd de lengte van den nieuwen meter bij 0° aangenomen op 443.296 liniën van de Toise van Peru en deze lengte bij de wet van 24 Juni 1799 vastgesteld.

De Standaardmeter is van platina als eindmaat vervaardigd. Deze „étalon prototype du mètre" werd in de „Archives Nationales" bewaard en kreeg daardoor den naam van „Mètre des Archives".

Onder de vele geleerden, die medewerkten aan de vaststelling van de lengte van den meter, behoorde de Nederlandsche Professor Van Swinden.

In nauw verband met deze graadmeting staan de metingen door den Luitenant Generaal Baron Kraijenhoff in ons land verricht en waarvan de uitkomsten te vinden zijn in de in 1815 gepubliceerde „Précis Historique".

De Bataafsche Republiek was in 1798 door de Nationale Conventie één en ondeelbaar verklaard. De Eerste Kamer van het Wetgevend Lichaam benoemde een Commissie, belast met de verdeeling van het grondgebied in Departementen, Arrondissementen en Gemeenten.

Bij gebrek aan een kaart op voldoende schaal om daarop de verdeeling aan te geven, werd aan deze Commissie opgedragen voor een nieuwe kaart te zorgen. Krayenhoff werd onmiddellijk na hare vergadering op 22 Augustus 1798 geraadpleegd over de middelen om tot dat doel te geraken.

Men veronderstelde, dat de kaart zou kunnen worden samengesteld uit de kaarten, in de archieven van ons land aanwezig, hetgeen door Krayenhoff, op de hoogte zijnde van de kaarten van den Waterstaat en van de fortificatiën werd mogelijk geacht.

Hem werd de leiding opgedragen. Bij een begin van uitvoering moest het werk al spoedig worden gestaakt, wegens de vele fouten, die in de kaarten werden aangetroffen.

Er moest dus een andere weg worden ingeslagen en wel door een driehoeksnet over ons land te leggen. Toen in Februari 1800 de Zuiderzee tusschen Monnikendam en Marken bevroren was, mat Krayenhoff daarop een basis met een meetketting voor dat doel vervaardigd. In de uiteinden der basis, welke ongeveer 1500 Rijnlandsche Roeden lang was, mat hij met eene sextant hoeken tusschen

in Noord-Holland zichtbare torens, uit welke gegevens hij den afstand Amsterdam—Haarlem berekende. Voortzetting der metingen, met deze lengte als basis stelde Krayenhoff in staat een deel van zijn kaart te vervaardigen.

In November 1800 onderwierp hij enkele bladen daarvan aan het oordeel van Van Swinden. Deze, zeer voldaan over het resultaat, verklaarde het te betreuren, dat men deze gelegenheid niet had aangegrepen om een even volmaakte triangulatie uit te voeren als door Méchain en Delambre was verricht en van welks volmaaktheid hij zich tijdens zijn verblijf in Frankrijk had kunnen overtuigen.

Krayenhoff, voor het plan gewonnen, stelde zich voor door eene Nederlandsche driehoeksmeting de triangulaties van Frankrijk met die in Noord-Duitschland en Denemarken in verbinding te brengen.

De Commissie voelde voor het plan slechts weinig, daar zij een zoo uitvoerige opzet van het werk niet noodig achtte; de weigering berustte op hare opinie, dat al het vroegere werk overbodig zou worden en dus als verloren was te beschouwen evenals de aanzienlijke uitgaven, die zij zich in een zoo duren tijd daarvoor had getroost.

Het kostte hem moeite deze bezwaren te weerleggen.

De verklaring, dat het verrichte werk van zeer veel nut was om een meer volmaakte triangulatie met een repetitiecirkel te kunnen uitvoeren, en dat het hem tegenstond een werk op eene voor Holland zoo weinig eervolle wijze te verrichten, deed de Commissie besluiten hem te machtigen eene triangulatie volgens zijne voorstellen voor te bereiden.

Op voorstel van Van Swinden kreeg Krayenhoff de beschikking over een grooten repetitiecirkel te Parijs voor rekening van de regeering vervaardigd.

Van de door Perny op Hollandsch gebied in 1795 verrichten te metingen, werd door Krayenhoff geen gebruik gemaakt, toen hem gebleken was, dat daarin vele fouten voorkwamen.

Krayenhoff koos als basis voor zijne driehoeksmeting de zijde Duinkerken–Mont Cassel van het Fransche Net, terwijl hij ook de breedte van Duinkerken en het azimuth Duinkerken—Watten, door Delambre bepaald, overnam.

De metingen, in 1801 begonnen, eindigden in 1810, maar werden telkens onderbroken, doordat Krayenhoff door

allerlei gewichtige ambten werd in beslag genomen. Nadat hij te Amsterdam in 1810 breedte- en azimuth-bepalingen had verricht, ontving hij tegen het begin van 1811 van den Franschen Minister van Oorlog opdracht, zijne Triangulatie te verbinden aan die door Epailly in Hannover uitgevoerd

Als driehoekspunten koos Krayenhoff zooveel mogelijk de kerktorens, maar waar deze ontbraken moest tot signaalbouw worden overgegaan. De grootste hoogte daarbij bereikt, die van het signaal Veluwe, bedroeg 75 voet.

Een eigenaardig signaal, zeker eenig in zijn soort werd door Krayenhoff ingericht midden in de Zuiderzee op het zoogenaamde Robbezand.

Behalve den reeds genoemden repetitiecirkel van 16 duim diameter, gebruikte Krayenhoff nog een ander instrument met een rand van 10 duim middellijn, vervaardigd door Bellet te Parijs.

Hij klaagt er over, dat hij er nooit in geslaagd is, met dit instrument metingen te verrichten, waarbij de kijkers vrij van parallax waren.

Dit deed hem veel tijd verliezen, daar hij voor iederen hoek een groot aantal waarnemingsreeksen moest verrichten, waarvan het gemiddelde werd genomen, zoo er althans geên redenen waren om alléén die reeksen aan te houden, die hem het beste voorkwamen. Groote verschillen, die aan het licht traden, schreef Krayenhoff evenwel niet toe aan het gebruik van het kleinere instrument, maar aan de ondulatie- en refractie-verschijnselen. Voor de astronomische waarnemingen bezigde Krayenhoff een instrument van 14 duim diameter door Lenoir te Parijs vervaardigd.

De berekening van het net geschiedde volgens de methoden door Délambre bij de Fransche graadmeting toegepast en onder gebruikmaking van de uitkomsten voor de aardellipsoïde daarbij verkregen.

De resultaten door Krayenhoff bereikt, werden zeer gunstig beoordeeld, zoowel door het Nederlandsch Instituut als door het Institut de France.

Aan deze groote driehoeksmeting werd een secundaire verbonden, waarvan de uitkomsten vermeld zijn in de in 1861 verschenen „Meetkunstige Beschrijving van het Koninkrijk der Nederlanden."

De aanleiding tot de uitvoering van dit werk, was dezelfde als die tot de primaire driehoeksmeting leidde. Krayenhoff was namelijk niet gekomen tot de vervaardiging van de kaart, die door de in 1798 benoemde Commissie gewenscht werd. Koning Willem I stelde in 1820 eene nieuwe Commissie in, die in 1822 verslag uitbracht en denzelfden weg voor de vervaardiging der kaart aanwees. Ook nu bleken de bestaande kaarten voor het doel niet geschikt, zoodat besloten werd het werk van Krayenhoff voort te zetten, door aan zijn net een secundair net te verbinden.

Het werk door de Officieren van de verkenningsbrigade in Noord-Brabant begonnen, werd door de Belgische Omwenteling eerst onderbroken, maar juist deze gebeurtenis, gepaard aan het ontbreken van eene voldoende kaart van die provincie, was de aanleiding om het werk met kracht ter hand te nemen. In 1839 was Noord-Brabant opgenomen en in kaart gebracht op eene schaal van 1 : 25.000. Koning Willem II gelastte voortzetting van het werk en de kaart in druk te doen verschijnen, waarna deze op een schaal van 1 : 50.000 door het Topografisch Bureau van het Ministerie van Oorlog werd vervaardigd. De eerste bladen verschenen in 1850. De secundaire metingen eindigden in 1855. Ofschoon deze metingen niet tot de eigenlijke primaire metingen hehooren, kwam het mij voor, dat dit groote werk niet onvermeld mocht blijven.

Waren het in de 18e eeuw voornamelijk Fransche metingen, die van zich deden spreken, met het begin der 19e eeuw werden in vele landen, ook buiten Europa, groote triangulaties ondernomen.

De Britsche Triangulatie in 1783 door Generaal Roy begonnen, werd in 1858 onder James en Clarke beëindigd. In Rusland werkten Struve en Tenner, terwijl in Denemarken tusschen 1816 en 1850 onder Schumacher en Andrae een driehoeksmeting heeft plaats gehad, welke hoog staat aangeschreven om de nauwkeurigheidsonderzoekingen daarbij verricht.

Het aantal primaire metingen in Duitschland verricht is zeer groot, en vele daarvan zijn hoogst belangrijk, daar bij hunne berekeningen de „Methode der Kleinste Quadrate,"

door Gauss in 1795 ontdekt, werd toegepast en vervolmaakt.

De voornaamste zijn: de Graadmeting in Hannover door Gauss, die in Oost-Pruisen door Bessel en Baeyer, de Preussische Landesaufnahme, de Triangulaties van het Geodätisch Instituut en de Landesvermessungen der verschillende Duitsche Staten.

Bessel publiceerde in 1841 de resultaten zijner berekeningen betreffende de aardellipsoïde, waarvoor hij de uitkomsten van 10 graadmetingen, te zamen rond 30 breedtegraden omvattende, gebruikte.

Van de meerdere berekeningen der aardellipsoïde wordt slechts die van Bessel genoemd, daar deze ten grondslag gelegd werd aan de tegenwoordige driehoeksmeting van ons land.

Bessel en Baeyer zeggen in de inleiding van hunne publicaties van 1838, de Oost-Pruisische graadmeting betreffende, dat door deze, als onderdeel van de ononderbroken trigonometische verbinding van Formentera en Noord-Engeland met de Russische graadmetingen, aangesloten aan de voornaamste sterrewachten, een grondslag voor de bepaling der aarde verkregen wordt, die zich uitstrekt over het grootste gedeelte van Europa.

Jordan ziet hierin reeds de grondgedachte, die Baeyer in 1861 het initiatief deed nemen tot stichting van de Midden-Europeesche Graadmeting, welke in 1867 in de Europeesche Graadmeting, en in 1886 in de Internationale Aardmeting overging. De overeenkomst der daarbij toegetreden Staten is sedert om de 10 jaren verlengd tot het jaar 1916, waarin de oorlog onderhandelingen omtrent verlenging onmogelijk maakte.

Op voorstel van afgevaardigden van Zwitserland en Nederland hebben de meeste neutrale staten zich bereid verklaard, om hunne jaarlijksche contributies tot twee jaar na het sluiten van den vrede beschikbaar te blijven stellen voor de instandhouding der Internationale Aardmeting.

De regeering van Pruisen noodigde in 1861 verscheidene Staten van Europa, waaronder ook Nederland, uit tot medewerking aan de door Baeyer ontworpen graadmeting. Daarvoor zouden reeds verrichte driehoeksmetingen tot

een groot geheel vereenigd worden; mochten nieuwe metingen noodig blijken, dan zouden de verschillende Staten, voor zoover die hun grondgebied betroffen, daarvoor zorgen. Het bleek, dat bij deelname door Nederland, de Sterrewacht te Leiden als hoofdpunt in deze graadmeting zou worden opgenomen.

Alvorens de Directeur dezer Sterrewacht, prof. F. Kaiser aan onze regeering rapport kon uitbrengen over eventueële deelname door Nederland, was het noodig de metingen van Krayenhoff op hunne nauwkeurigheid te onderzoeken.

Dit onderzoek werd verricht door Dr. L. Cohen Stuart te Delft. Het bracht aan het licht, dat de metingen van Generaal Krayenhoff lang niet zoo nauwkeurig waren, als men steeds had verondersteld; eene opinie verkregen door de reeds genoemde gunstige beoordeelingen van het Nederlandsch Instituut en van het Institut de France.

Het bleək, dat de metingen, zonder meer, niet geschikt waren om in de graadmeting te worden opgenomen, en dat niet alleen de berekeningen, maar ook een groot gedeelte van de metingen eene algeheele vernieuwing vereischten.

De beoordeeling der nauwkeurigheid kon niet verkregen worden uit de „précis Historique", maar moest gehaald worden uit de nagelaten handschriften.

In April 1862 waren de afgevaardigden van Oostenrijk, Pruisen en Saksen te Berlijn bijeengekomen, en stelden vast, dat voor de te gebruiken triangulaties als eisch van nauwkeurigheid moest worden gesteld, dat de som der hoeken in de driehoeken niet of slechts zeer zelden meer dan drie seconden te groot of te klein mocht zijn bevonden.

Dit zou volgens de Précis Historique op de 163 driehoeken slechts 5 malen voorkomen. Dr. Cohen Stuart vond uit de oorspronkelijke dagboeken der metingen andere resultaten.

Onder 33 driehoeken, in de jaren 1810 en 1811 gemeten, kwamen er niet minder dan 22 voor, bij welke de fout in de som der hoeken grooter was dan 3 seconden; daarvan gaven er 5 een sluitingsfout grooter dan 10 seconden.

Hieruit bleek ten duidelijkste, dat de driehoeksmeting van Krayenhoff geen deel kon uitmaken van de ontworpen Midden-Europeesche graadmeting.

28 Januari 1864 deed Kaiser het voorstel, dat de Staat

der Nederlanden zich of geheel en al aan de Graadmeting in Midden-Europa zoude onttrekken, of wel de middelen zoude verleenen om daaraan op eene eervolle wijze deel te nemen.

Op 16 April 1864 ontving Kaiser van Heeren Curatoren der Leidsche Hoogeschool bericht, dat Zijne Excellentie de Minister van Binnenlandsche Zaken bij het ontwerpen der Staatsbegrooting voor 1865 in overweging zou nemen of daarop gelden voor de graadmeting in Midden-Europa zouden worden uitgetrokken.

Deze hier medegedeelde gegevens zijn ontleend aan het door Kaiser en Cohen Stuart opgesteld geschrift „De eischen der medewerking aan de ontworpen Graadmeting in Midden-Europa voor het Koningrijk der Nederlanden."

Hierin is tevens opgenomen het onderzoek door Cohen Stuart verricht.

Voor de uitkomsten naar dit verslag verwijzende, komt het mij niet ongeschikt voor een oogenblik stil te staan bij de wijze, waarop dit is geschied, daar het de gelegenheid biedt om later te geven uitkomsten der Rijksdriehoeksmeting daaraan te toetsen.

Eene triangulatie geeft steeds een aantal overtollige waarnemingen, en dit aantal is steeds gelijk aan het aantal onafhankelijke voorwaarden, aan welke de gegevens krachtens de meetkunstige eigenschappen van het net moeten voldoen.

Uit het meer of minder voldoen aan deze voorwaarden, kan een begrip betreffende de nauwkeurigheid verkregen worden. De bovengenoemde voorwaarden zijn naar hunne soort in te deelen, en zoo de uitkomsten der metingen resultaten zijn van onafhankelijke waarnemingen, zoo zullen de nauwkeurigheden, uit de verschillende soorten van voorwaarden afgeleid, met elkaar in overeenstemming moeten zijn, mits het aantal voorwaarden van iedere soort voldoende groot is.

Wordt geen overeenkomst gevonden en kan men daarvoor geene verklaring vinden in bronnen van fouten, die de eene groep van voorwaarden meer beïnvloeden dan de andere, zoo is er grond om te vermoeden, dat aan den eisch, dat de waarnemingen onafhankelijk moeten zijn, niet

is voldaan, en dat, hetzij bewust of onbewust, bij het opmaken der hoekwaarden uit de metingen, reeds met de voorwaarden, waaraan zij moeten voldoen, is rekening gehouden.

De drie soorten van voorwaarden zijn:

1°. De som der hoeken om een centraal punt moet gelijk zijn aan 360 graden;

2°. De som der hoeken in een driehoek moet gelijk zijn aan 180 graden + het spherisch exces;

3°. Langs welken weg of reeks van driehoeken men ook gaat om eene zijde van het net uit eene bekende zijde te berekenen, steeds moet dezelfde uitkomst worden verkregen.

De hoekwaarden, aan de „Précis Historique" ontleend en in groepen bijeengebracht naar gelang van het instrument waarmede zij werden gemeten, gaven voor de drie soorten van voorwaarden geene overeenstemmende nauwkeurigheid.

De herhaling der berekening met hoekwaarden aan de handschriften ontleend, gaf een betere, maar geenszins voldoende overeenstemming voor de berekende nauwkeurigheden, waarop mede de conclusie berustte om tot vernieuwing der triangulatie over te gaan.

Dr. Cohen Stuart zegt aan het slot van zijn onderzoek: „Het ontkennend besluit, waartoe ik meen te moeten komen, „berust dan ook geenszins op miskenning van de wezenlijke „en groote verdiensten van den arbeid van den Generaal „Krayenhoff, en mag ook niet daartoe leiden. De gebreken, „welke dien arbeid voor het tegenwoordige doel ongeschikt „maken, zijn voor een groot deel aan het toenmalige stand-„punt der geodesie eigen, en verhinderen niet, dat die „arbeid een grondslag is voor de geografie en de topografie „van ons rijk en als zoodanig steeds zijn waarde behouden „zal".

Toen besloten was, dat Nederland tot de Midden-Europeesche graadmeting zou toetreden, werd de uitvoering van de nieuwe driehoeksmeting opgedragen aan Dr. F. J. Stamkart, die tot zijn dood in 1882 de metingen zelf verrichtte. Voltooid werden zij niet. Een vijftigtal stations werden bezet; in de Haarlemmermeer eene ± 6 K.M. lange basis gemeten en deze aan het net aangesloten.

De met het buitenland gesloten overeenkomst leidde tot voor Nederland zeer gewichtigen arbeid.

In 1874 besloot de regeering aan het verzoek van Generaal Baeyer, om het eindpunt der Pruisische waterpassing te Salzbergen aan het Amsterdamsch Peil te verbinden, te voldoen.

Een nauwkeurigheidswaterpassing werd daarvoor uitgevoerd en over het geheele land voortgezet.

De uitkomsten, daarbij verkregen, toonen aan, dat dit werk behoort tot de nauwkeurigste waterpassingen, die ooit zijn verricht.

Het werk tusschen 1878 en 1885 volbracht, werd begonnen door Dr. L. Cohen Stuart en na diens dood in 1878 voortgezet en beëindigd door Dr. H. G. van de Sande Bakhuyzen en Dr. G. van Diesen.

De internationale Graadmetingscommissie sprak in hare vergadering van 1867 de wenschelijkheid uit een internationalen meter te vervaardigen en verbond daaraan de voorwaarden, dat deze zoo weinig mogelijk zou mogen verschillen van den „Mètre des Archives" en in elk geval met dezen zoo nauwkeurig mogelijk zou zijn vergeleken. Deze internationale meter zou moeten dienen, om daaruit de lengten van de te maken Nationale Standaardmeters, af te leiden.

De in 1869 ingestelde internationale Metercommissie, in 1875 vervangen door het „Comité international des Poids et Mesures" deed 34 meetstaven van platina-irridium vervaardigen. De lengten dezer Staven werden bepaald door ze te vergelijken met den „Mètre transitoire", die zelf met den Archiefmeter vergeleken was en dus scheen voorbeschikt om den nieuwen internationalen standaard te zijn.

Van de 34 meetstaven kwam echter de lengte van den meter No. 6 het best overeen met die van den Archiefmeter en daarom werd deze meter tot „Internationale Meter" verklaard, en dus daardoor de wettelijke standaardmaat voor de bij de Conventie aangesloten landen. De Nederlandsche regeering, niet aangesloten bij de Meterconventie van 1875, droeg aan eene Commissie van drie leden, de Heeren Stamkart, Bosscha en Oudemans op twee standaardmeters aan te schaffen, en wel op zoodanige wijze, dat zij zouden

voldoen aan de voorwaarden, voorgeschreven door de internationale Commissie van 1872 en direct zouden vergeleken zijn met den Archiefmeter.

De Commissie, handelende volgens de haar gegeven opdracht, beëindigde haar arbeid in 1879 en daardoor kwam Nederland in het bezit van de nationale Standaardmeters Nos. 19 en 27, waarvan de lengten zijn uitgedrukt in die van den Archiefmeter en dus niet in die van den Internationalen Meter. Wel werden de meters Nos. 19 en 27 met eenige andere meters vergeleken waardoor langs indirecten weg, de lengten der Nederlandsche Standaardmeters in de lengte van den internationalen Meter kunnen worden uitgedrukt.

Na het overlijden van Cohen Stuart in 1878, werd op voorstel van de Akademie van Wetenschappen te Amsterdam bij Koninklijk Besluit van 20 Februari 1879, No. 3 de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing ingesteld, aan welke de verschillende werkzaamheden, voor de Europeesche graadmeting vereischt, werden opgedragen. Het voorzitterschap, door Dr. F. J. Stamkart aanvaard, ging na diens overlijden over op Dr. H. G. van de Sande Bakhuyzen, die deze functie tot op heden bleef bekleeden. Aan Dr. Ch. M. Schols, sedert 1879 lid en secretaris der Commissie, werd de uitvoering der driehoeksmeting opgedragen. Bij onderzoek van Stamkart's werk bleek een geheel nieuwe driehoeksmeting noodig te zijn, waarop aan de regeering verzocht werd machtiging daartoe te willen verleenen.

In 1884 ontving de Commissie van den Chef der trigonometrische Afdeeling van de Pruisische Landesaufnahme het verzoek om te mogen vernemen, welke punten in Groningen en Drenthe als driehoekspunten waren aangewezen, teneinde met de metingen voor de aansluiting van het Pruisische net aan het Nederlandsche te kunnen beginnen.

In 1885 werd eene verkenning begonnen door het lid der Commissie Oudemans, daarin bijgestaan door den ingenieur Hk. J. Heuvelink, sedert het overlijden van Schols in 1897 Hoogleeraar aan de Polytechnische-, later Technische Hoogeschool te Delft en Secretaris der Commissie. De punten Hornhuizen, Uithuizermeden en Finster-

wolde werden aangewezen en daarop de noodige heliotroopstellingen aangebracht.

Nadat in 1886 machtiging ontvangen was om de nieuwe triangulatie uit te voeren, kon de verkenning worden voortgezet. Deze, dus in 1885 begonnen, eindigde in 1896, zoodat toen het geheele net in alle onderdeelen was vastgesteld. Deze verkenning vanaf 1887 geleid door den ingenieur Heuvelink, daarbij geassisteerd door meerdere ingenieurs, eischte groote inspanning, veel geduld en opoffering.

Zij bracht aan het licht, dat van de driehoekspunten van Krayenhoff vele geheel verdwenen of niet met zekerheid terug te vinden waren, terwijl andere van te weinig stabiliteit werden bevonden, om daarop nauwkeurige metingen te kunnen verrichten. De overige oude punten van Krayenhoff werden evenwel zooveel mogelijk in het net opgenomen. Deze verkenningsploeg zorgde tevens voor de dikwijls kostbare bebouwingen, die op de torens moesten worden aangebracht.

Waar op het terrein geen geschikte torens aanwezig waren, werden signalen ingericht, welke liefst zoo laag mogelijk gehouden werden, maar waar noodig, tot de vereischte hoogten werden opgebouwd. Tot grootere hoogte dan 14 M. werd niet gegaan.

In 1886 werden de eerste theodolieten bij de firma Julius Wanschaff te Berlijn besteld; gaandeweg kwam de Rijkscommissie in het bezit van een collectie prachtige instrumenten, die alle vóór het gebruik op hunne nauwkeurigheid werden onderzocht [1]).

De eerste stationsmetingen werden door de ingenieurs Heuvelink en N. Wildeboer te Homhuizen, Uithuizermeden en Finsterwolde in 1888 verricht. De resultaten daarbij verkregen, gecombineerd aan de Pruisische metingen, gaven voor negen driehoeken znlke resultaten, dat de Rijkscommissie in haar verslag over 1888 kon vermelden: „Uit de cijfers blijkt voldoende, dat de door ons verkregen uitkomsten niet behoeven achter te staan bij die, welke

---

[1]) Voor nadere gegevens daaromtrent zij verwezen naar het Zeitschrift für Vermessungswesen Jahrgang 1913 Heft 17, waarin Prof. Heuvelink de methoden van onderzoek en de verkregen uitkomsten voor de daar beschreven instrumenten, publiceerde.

elders verkregen zijn." In 1892 was de geheele aansluiting aan het Pruisische net verkregen.

De 20 daarvoor benoodigde driehoeken, waarvan 8 op Nederlandsch gebied gelegen, gaven, volgens de genoemde drie soorten van voorwaarden op hunne nauwkeurigheid onderzocht, als middelbare fouten voor een hoek

0″,30 0″,32 0″,37

welke getallen door hunne overeenstemming bewezen, dat de metingen aan alle billijke eischen voldeden.

De primaire metingen, daarna geregeld voortgezet, geschiedden na 1898 onder directe leiding van den ingenieur N. Wildeboer.

In 1904 werden op het station Groningen de laatste primaire metingen verricht en daarmede was een groot werk, voor zooverre het terreinwerk betrof, geëindigd.

De intestellen punten der stations werden door heliotropen, of zonnespiegels, volgens het systeem Bertram, zichtbaar gemaakt. De groote afstanden (de langste zijde is 51 K.M.) de afwisselende bewolking der lucht, de ondulatie- en refractieverschijnselen waren alle oorzaken, die alléén of gecombineerd, den geregelden gang der metingen zeer beïnvloeden.

Gedurende de 15 jaren, die voor de primaire metingen noodig waren, werd van de waarnemers veel geduld, oplettendheid en zelfbeheersching geëischt.

Er werd eens gezegd „de kunst van meten is om niet te meten". Voor oningewijden een tegenspraak, maar een waarheid, zoo men bedenkt, dat iedere meting, niet ter juister tijd verricht, de nauwkeurigheid kon benadeelen en dat menigmaal weken, ja maanden gewacht moest worden op de meting, die de waarnemers van het verblijf op een voor hen onaangenaam station zou bevrijden.

Voor het herleiden der meestal excentrisch verrichte metingen naar het centrum van het driehoekspunt, werden dikwijls omvangrijke centreeringsmetingen uitgevoerd, die door het daarin opnemen van blijvende merkteekens het driehoeksnet tegen verloren gaan, verzekerden.

Meermalen is het nut van dezen maatregel gebleken.

De Rijkscommissie publiceerde in 1909 de rechthoekige Coördinaten van het Hoofddriehoeksnet. Van de 180 daarbij opgegeven driehoekspunten, zijn volgens het juist verschenen verslag over 1916 reeds 28, wat hunne coördinaten betreft,

min of meer veranderd. Zonder bovengenoemden maatregel, waren deze punten niet gemakkelijk op hun onveranderd-zijn te controleeren geweest.

Het driehoeksnet werd voor de vereffening in drie groepen verdeeld.

Van de omvangrijkheid van dit werk, grootendeels uitgevoerd door den in 1908 overleden ingenieur E. A. J. H. Modderman, krijgt men een denkbeeld als men verneemt, dat voor de drie groepen respectievelijk 83, 17, en 69 normaal-vergelijkingen met evenveel onbekenden moesten worden opgelost.

Voor de oplossing der 83 vergelijkingen werden drie maanden vereischt.

Het Tome Premier van de „Triangulation du Royaume des Pays-Bas" in 1903 verschenen, geeft behalve eene omschrijving van de gevolgde methoden van meting en berekening de uitkomsten der Stationsmetingen van groep I en II. Tevens vindt men er de vereffeningen der beide groepen.

Door de welwillendheid van Prof. Heuvelink, om mij inzage te geven van het nog niet verschenen „Tome Second" ben ik in staat de volledige resultaten, wat betreft de bereikte nauwkeurigheid, mede te deelen,

Van de 119 driehoeken van het geheele net, hebben er 59 een positieve en 60 een negatieve sluitingsfout.

Slechts 22 fouten zijn grooter dan 1″ en slechts twee daarvan zijn grooter dan 2″. De grootste fout bedraagt 2″.084. De sommen der positieve en negatieve sluitingsfouten zijn respectievelijk + 31″.297 en — 35″.493.

De middelbare fouten voor eene richting, afgeleid uit de stationsvereffeningen, uit de sluitingsfouten der driehoeken en uit de groepsvereffeningen zijn respectievelijk

0″.214 0″.298 0″,345

Op de conferentie van de permante Commissie der Internationale Graadmeting in 1887 te Nizza gehouden, werd op voorstel van Ferrero, Helmert en Foerster de formule vastgesteld ter berekening van de middelbare fout voor hoekmetingen, die voor triangulaties hebben gediend. De middelbare fout, volgens die formule voor ons driehoeksnet berekend is

0″.421

en wijst op eene nauwkeurigheid, welke bij weinig triangulaties werd bereikt en slechts bij een enkele werd overtroffen.

In afwachting van het meten van eene basis voor ons driehoeksnet, werd voor de berekening daarvan de lengte van de zijde Ubagsberg—Klifsberg uit de Bonner Basis, in 1892 gemeten door de „Landesaufnahme" en het „Geodätisch Institut," afgeleid.

Gegevens daaromtrent vindt men in „Nederlandsche Rijksdriehoeksmeting Rechthoekige Coördinaten I" in 1909 door de Rijkscommissie uitgegeven en waarin tevens mededeelingen gedaan worden omtrent de Stereografische Projectie, met gebruikmaking waarvan de coördinaten werden berekend.

De Basismeting, lang uitgesteld, vond in 1913 plaats en wel langs den Rijksstraatweg van Hoevelaken naar Apeldoorn tusschen de K.M. 16.6 en 20.9.

De basis rond 4320 M. lang, de „Basis van Stroe" genaamd, werd gemeten met den basistoestel van de Service geographique de l'Armée, door de Fransche regeering welwillend ter beschikking gesteld.

De meting geschiedde onder leiding van Prof. Heuvelink, terwijl door den Luitenant-Kolonel van het Fransche leger A. Lallemand, de noodige inlichtingen voor het gebruik der instrumenten werden verstrekt.

Voor het welslagen der basismeting was het noodig, dat ieder der medewerkende personen het hem toebedeelde werk op het juiste oogenblik verrichtte.

Na vóóroefening van 8—12 Juli kon de meting een aanvang nemen. Zij vorderde van de medewerkenden de grootste inspanning en eindigde op 5 Augustus. Voor bijzonderheden zij verwezen naar het Verslag der Rijkscommissie over 1913 uitgebracht.

Dit groote historische werk ging in het land onopgemerkt voorbij. Elke afleiding der waarnemers werd schadelijk geoordeeld, zoodat slechts personen, daartoe uitgenoodigd, tot bijwoning der metingen werden toegelaten.

De Pers, anders zoo actief, bleef van de basismeting geheel onkundig. De Commissie heeft het echter nuttig geoordeeld, dat later door aanschouwing van de gevolgde

werkwijze kon worden kennis genomen en deed te dien einde een film van de basismeting vervaardigen. De middelbare fout in het eindresultaat bedroeg voor de 4320 M. lange basis 2.11 m.M. of een twee millioenste van de gemeten lengte.

Nadat vervolgens de basis, wat hare hoogteligging betreft, door eene waterpassing ten opzichte van A. P. bepaald was, moest zij door eene dubbele vergrooting aan de zijde Amersfoort—Lunterenscheheide van het primaire net worden verbonden. Om dit met het gunstigst resultaat te kunnen verrichten, moesten de vereischte hoeken onder de gunstigste gewichtsverhoudingen worden gemeten. Het programma der metingen, opgemaakt door den ingenieur Wildeboer, werd door spreker uitgevoerd met medewerking van den ingenieur E. van der Velden,

Tusschen 29 Augustus en 20 November 1913 werden 218 dubbele hoekmetingen verricht. Het grootste aantal daarvan, dat voor éénzelfden hoek van het basisnet werd gemeten, bedroeg 54 en wel voor den hoek Amersfoort—Lunterscheheide—Hamberg.

Uit de berekening van het basisnet volgde, dat de middelbare fout in de verhouding van de gemeten basis tot de lengte van de driehoekszijde Amersfoort—Lunterensche heide ongeveer 1 : 664.000 bedraagt.

Het rekenwerk van het primaire driehoeksnet zou nu ten einde kunnen worden gebracht, zoo de juiste lengte der bij de basismeting gebruikte meetstaaf ten opzichte van de lengte van den Internationalen Meter, waarin ook de zijden der aangrenzende driehoeksnetten zijn uitgedrukt, bekend zou zijn.

De lengte van de meetstaaf, in internationale meters uitgedrukt, zou moeten worden afgeleid uit vergelijkingsmetingen, welke onmiddellijk vóór en ná de basismeting zijn verricht.

De meetstaaf van den Franschen basistoestel, een H-vormige invarstaaf van 4 M. lengte, als streepmaat vervaardigd, werd te Breteuil vele malen met den internationalen meter vergeleken, ook kort vóór de basismeting. Ná de basismeting kon dit aldaar echter niet geschieden wegens ombouw van de bij de vergelijking te gebruiken compa-

rateur, zoodat de Rijkscommissie besloot de invarstaaf te vergelijken met den Nederlandschen Meter No. 27. Dit onderzoek werd uitgevoerd door Prof. v. d. Sande Bakhuyzen, den ingenieur Wildeboer en spreker.

Uit dit onderzoek volgde de lengte van de meetstaaf uitgedrukt in den meter No. 27 en wel met een middelbare fout, welke, voor zooverre deze alleen van de verrichte metingen zelf afhing, op 0.205 micron of een twintig millioenste van de lengte is te stellen.

Prof. Van de Sande Bakhuyzen berekende vervolgens, uit waarnemingen door Bosscha, Oudemans en Stamkart te Parijs verricht, de lengte van Meter No. 27 uitgedrukt in internationale meters, waardoor ook de lengte van de meetstaaf in deze eenheid bekend werd.

Deze uitkomst verschilde beduidend van die, welke te Breteuil kort vóór de basismeting was verkregen.

Een later te Breteuil verrichte vergelijking handhaafde dit verschil. Een onderzoek door Prof. van de Sande Bakhuyzen ingesteld, deed zien, dat het verschil verklaard kan worden door een verschil in de gebruikte waarden der uitzettingscoëfficienten van Meter No. 27 en den Internationalen Meter. Een vergelijking der beide Nederlandsche Standaardmeters met den Internationalen Meter is noodig, maar het is dan noodzakelijk, dat behalve de lengten, ook de uitzettingscoëfficienten der meters nauwkeurig vergeleken worden.

Dit zal wel niet eerder dan na het sluiten van den vrede kunnen geschieden.

Meerdere gegevens hieromtrent zijn te vinden in het verslag van de Gewone Vergadering der Wis- en Natuurkundige Afdeeling van de Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam gehouden op 27 Juni 1914 Deel XXIII.

In deze vergadering deed Prof. van de Sande Bakhuyzen omtrent het bovenstaande twee mededeelingen.

In 1889 werden op de begrooting de eerste gelden uitgetrokken voor de secundaire driehoeksmeting, welke de Rijkscommissie zich voorstelde aan het primaire net te verbinden.

De metingen en verkenningen in 1898 onder de directe leiding van den ingenieur J. A. van Eyk Bijleveld begonnen,

werden na diens overlijden in 1912 onder den ingenieur J. Canters tot op heden voortgezet. Een groot aantal stations- en centreeringsmetingen werden verricht.

Het groote nut van het werk blijkt ten duidelijkste uit de vele aanvragen om coördinaten, welke van verschillende takken van dienst worden ontvangen.

Hoewel het werk reeds ver gevorderd is, wachten gedeelten van de provinciën Groningen, Drenthe en Friesland nog op afwerking.

Ik wil deze voordracht niet eindigen, zonder er op te wijzen, dat de jaarverslagen der Rijkscommissie doen zien, dat door haar ijverig wordt deel genomen aan alle vraagstukken, die de internationale aardmeting betreffen. Dat deze medewerking ook in het buitenland gewaardeerd wordt, moge blijken uit het feit, dat de functie van den bestendigen Secretaris der Internationale Aardmeting sedert 1900 wordt waargenomen door den Voorzitter der Rijkscommissie, Prof. H. G. van de Sande Bakhuyzen.

Hooggeachte Prof. Heuvelink.

Het is mij een bijzonder genoegen U hier aanwezig te zien.

Gij waart het van wien ik tijdens mijne studiejaren te Delft, voor de hier door mij te doceeren vakken, het onderwijs ontving.

Sedert mijne indiensttreding bij de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing heb ik 15 jaren onder uw toezicht gewerkt. Dat gij mij nu voor deze betrekking hebt willen aanbevelen, stel ik dankbaar op prijs, daar ik daarin uwerzijds een bewijs van vertrouwen zie, dat ik hoop niet te beschamen. Gaarne houd ik mij voor de toekomst, zoo noodig, voor uwe gewaardeerde raadgevingen aanbevolen.

Eenige woorden mogen gewijd zijn aan de nagedachtenis van de Heeren J. A. van Eyk Byleveld en E. A. J. H. Modderman.

De eerste was het, die mij in 1910 de leiding van een ploeg der Secundaire driehoeksmeting opdroeg waardoor mij den weg tot verantwoordelijk werk werd geopend.

In 1902 werd ik als jong ingenieur aan Modderman

toegevoegd. De samenwerking met dezen stillen, bescheiden, maar hoogst begaafden collega, deed bij mij de ambitie voor mijne werkkring groeien.

Met waardeering zal ik hen steeds blijven gedenken.

Hooggeachte Heeren Wildeboer, Bingen, Kwisthout en Van der Velden.

Gij begrijpt, dat het mij hoogst aangenaam is hier op dit moment oud-collega's aanwezig te zien.

Het geeft mij de overtuiging, dat de jarenlange samenwerking een band gevormd heeft, die naar ik hoop nog lang zal blijven voort bestaan.

ZeerGeleerde Heeren Directeur en Leeraren aan deze School.

Onderwijs geven was mij vreemd, zoo ik daaronder tenminste niet versta, het onder mijne leiding werken van studenten der Technische Hoogeschool.

De taak, die mij wacht, is dus niet te licht te tellen, vooral daar ik de plaats ga innemen van mijn hooggeachten voorganger, H. M. J. F. Thijs, die door zijn innemenden omgang met allen, die met hem in aanraking kwamen, aller harten wist te winnen en die door zijne jarenlange ervaring als docent bij zijne toehoorders liefde voor de door hem gedoceerde vakken wist te doen ontstaan.

Hem te vervangen is dus niet gemakkelijk.

Ik hoop echter op uw aller steun en, waar noodig, voorlichting te mogen rekenen.

Voorts een woord van dank aan die Heeren Leeraren, die mijne benoeming bevorderden.

Mijne Heeren Studenten.

Op mijne colleges zult gij vernemen, dat het bij driehoeksmeting gewoonte is, van het groote in het kleine te werken.

Van dat groote heb ik in mijn voordracht gepoogd U een begrip te geven.

De resultaten van dat grootere op de juiste wijze voor het kleinere aan te wenden, is het vraagstuk, dat ik in mijne colleges voor U hoop op te lossen.

Ik wensch van ganscher harte, dat mij dit moge gelukken.

Dames en Heeren ik heb gezegd.

REFERATEN

UIT HET ORGANISCH-CHEMISCH LABORATORIUM.

I. Autoreferaat eener verhandeling in het tijdschrift „Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique", tome 37, pag. 92 (1917), getiteld: „Sur quelques dérivés de l'acide benzènesulfinique".

P-broombenzolsulfonbromide wordt in CS_2-oplossing door $Al\,Br_3$ ontleed volgens de vergelijking:

$p\text{-}Br\,C_6H_4\,S\,O_2\,Br + Al\,Br_3 = p\text{-}Br\,C_6H_4\,S\,O_2\,Al\,Br_2 + Br_2$, waarbij een kristallijn product neerslaat, het welk men kan opvatten als het Al-zout van p-broombenzolsulfinezuur en $H\,Br$ (Zie ook Rec. trav. chim. 33, 122). Dit dubbelzout kan evenals $Al\,Br_3$ zelf additie-verbindingen leveren o.a. met de aromatische sulfonen. Geïsoleerd werden:

$p\text{-}Br\,C_6H_4\,SO_2\,Al\,Br_2.\,C_6H_5\,SO_2\,C_6H_5$,
$p\text{-}Br\,C_6H_4\,SO_2\,Al\,Br_2.\,p\text{-}Br\,C_6H_4\,SO_2\,C_6H_5$,
$p\text{-}Br\,C_6H_4\,SO_2\,Al\,Br_2.\,p\text{-}I\,C_6H_4\,SO_2\,C_6H_5$,
$p\text{-}Br\,C_6H_4\,SO_2\,Al\,Br_2.\,p\text{-}CH_3\,C_6H_4\,SO_2\,C_6H_5$.

Van deze verbindingen worden eenige eigenschappen beschreven.

S. C. J. OLIVIER.

II. Autoreferaat eener verhandeling in het „Chemisch Weekblad" Band 14 pag. 325 (1917), getiteld: „Mededeeling over Kwikverdamping in Thermometers".

Bij meting van de snelheid van een reactie, viel het resultaat ongeveer 10 % hooger uit, dan dat, onder gelijke omstandigheden, eenige maanden te voren verkregen. Gedurende dit tijdsverloop was de thermometer onafgebroken in den thermostaat geplaatst, en wel zoó, dat de schaal ongeveer halverwege boven het water-niveau uitstak. De temperatuur van den thermostaat was veelal 30°, nooit hooger.

Toen nu naar aanleiding van bovengenoemd resultaat de thermometer met behulp van een loupe werd onderzocht, werden kleine kwikdruppeltjes boven in de thermometer-buis waargenomen, overeenkomende met ongeveer 1° temperatuurverschil, hetgeen in over-

eenstemming was met het verschil in reactie-snelheid. Er was dus kwik met merkbare snelheid naar de koudere deelen van de thermometer-buis gedistilleerd.

Een contrôle-proef met een anderen thermometer leverde bij een temperatuur van 25° een analoog resultaat.

Wanneer men dus een thermostaat, ingesteld op temperaturen boven die der omgeving, gedurende langeren tijd in gebruik heeft, is het wenschelijk den thermometer geheel ondergedompeld in het water van den thermostaat te plaatsen.

S. C. J. OLIVIER.

Tuintje van Aponi, Thebe. n. Maspéro.

DE VERZAMELING HOUTGEWASSEN, HARE ONTWIKKELING TOT ARBORETUM EN DE MODERNE EISCHEN VOOR DE INRICHTING HIERVAN

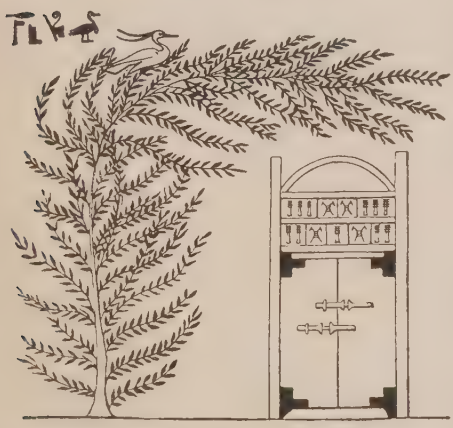
DOOR

L. H. BAAS BECKING

CONCERVATRICE A/H HERBARIUM EN ARBORETUM DER R. H. L.-, T.- EN B.-SCHOOL, WAGENINGEN.

I. Historisch Overzicht.

a. Boomverzamelingen in ruimen zin, historische natuurbosschen.



Graf van Osiris met de heilige Tamarix. n. Wilkinson.

De oorsprong van dendrologische collecties kan reeds gezocht worden in de eerste boomverzamelingen uit de Oudheid, waarvan de geschiedenis melding maakt.

De *Egyptische Koningin Hatschepsut* (± 1500 v. Chr.) liet op bevel van den god Ammon een tuin aanleggen om den tempel, dien zij ter zijner eere te Deir-el-Bakhari had gebouwd. Zij zond eene expeditie naar 't land Punt aan de oostkust van Somaliland om „wierookboomen" te halen, ook „myrrhe" boomen genaamd.

Ramses III (1198—1167 v. Chr.) haalde eveneens boomen

en struiken uit andere landen voor den god Ammon. Door de gewoonte der Egyptenaren om de levensgeschiedenis der dooden op hunne graven te beitelen, zijn ook tallooze tuinen met de daarin voorkomende boomen voor ons bewaard gebleven. Op een grafschrift van 1500 v. Chr. lezen wij, dat de gestorvene tijdens zijn leven vele boomen in zijnen tuin liet planten van wel *twintig verschillende soorten*. Menige soort staat duidelijk afgebeeld en omschreven op zoo'n grafschrift. Bij de graven werden een of meer boomen

Transport van de wierookboomen uit het land Punt naar Deir-el-Bakhari. n. Naville.

geplant, opdat de ziel er later in de schaduw kon rusten.

Bij de *Aziatische volken* der Oudheid wordt herhaaldelijk melding gemaakt van pogingen om vreemde boomen te acclimatiseeren.

Het Gilgamesch epos verhaalt van de bewondering der *Babyloniers* voor mooie ceders en platanen. *Assurbanipal* (669—625 v. Chr.) omgaf 't huis zijner vrouwen met een groot bosch uit „allerlei soort" boomen bestaande.

Bij de *Meden en Perzen* was de boom heilig en het planten ervan een heilige daad, die bij de opvoeding behoorde. [1])

[1]) Tegenwoordig bestaan er vereenigingen, die voor het planten van boomen door de jeugd een bepaalden dag bestemmen. Als

Om hunne graven werden boomen geplant. Hunne parken werden door de *Grieken* zeer bewonderd en *Xenophon* (± 430—± 360 v. Chr.) voerde in Griekenland de beteekenis „paradeisos" voor Perzische tuin in, waarmee in Perzië echter meer de groote jachtparken bedoeld werden. Van de Grieken hebben de *Joden* dit woord weer overgenomen en stellen deze zich hun Eden voor als een Oostersch park, waarin zij zich den eersten mensch denken te midden van alle soorten planten en dieren.

Van de Grieken worden nooit parken genoemd; de tuinen waarvan in de Odyssee melding gemaakt wordt, zijn een eenvoudige hof, uit boomgaard, moestuin en wijnvelden bestaande. Toch was ook bij de Grieken de boom in aanzien. In de Odyssee (IV) staat, dat Penelope als bruidsschat van haar vader een dienaar Dolios meekreeg om den boomrijken tuin te verzorgen. [1]) De voorhof was er dikwijls met boomen beplant. In het homerische epos worden meermalen de heilige bosschen genoemd, die voor godsdienstoefeningen dienden; eerst later kwamen er altaren en tempels in. De boomsoorten worden zelden vermeld; men spreekt gewoonlijk van woudboomen in tegenstelling met vruchtboomen. Bij het altaar op Delos stonden palmen; het Athenebosch op Scheria bestond uit zwarte populieren, zoodat het altaar hier dus in een bosch stond, dat door de menschen geplant was. Een enkele maal waren het vruchtboomen en steeds gold het als groote heiligschennis de vruchten te plukken of de boomen te kappen. Later vonden de wedstrijden der athleten, die eerst den zegen der goden moesten ontvangen, in en bij de heilige bosschen plaats. *Lykeion* is het aan Apollo Lykeios (de wolfsdooder) gewijde

---

„Arbor day" is dit door Sterling Morton in 1872 't eerst voorgesteld in Nebraska, wat in andere staten van N.-Amerika is nagevolgd.

In Italië is in 1902 „la Fête annuelle scolaire de l'Arbre" eene staatsinstelling geworden.

In Spanje is in 1902 „l'Association des amis de la fête de l'arbre" opgericht en in 1904 over 't geheele koninkrijk gedecreteerd. België heeft 't eerste feest van dien aard reeds gevierd. In Frankrijk gaat dit feest uit van de „Société forestière française des amis des arbres" met 't doel tevens herbebossching te bevorderen. Eene dergelijke vereeniging werd in 1915 in Nederland (Arnhem) opgericht door samenwerking van de Ned. Wielr.-B., de Oranjebond v. Orde, de Padv.-B. en de Ned. Heide Mij., die de vereeniging „'t Boompje" oprichtten, wel is waar met een naam, die noch 't doel, noch de verwantschap met de voorgaande buitenlandsche vereenigingen duidelijk doet uitkomen, doch met een even sympathiek streven.

1) Marie Luise Gothein: Gesch. d. Gartenkunst 1914.

bosch bij Athene, waar de gymnasia gebouwd werden en waar Aristoteles en de peripathetische school hunne lessen gaven. Kwamen de gymnasia in de stad, dan werden er toch boomen om geplant, speciaal olijven, populieren, platanen, iepen en de taxus. De behoefte aan schaduw zal hierop natuurlijk wel van invloed zijn geweest. Van eene speciale boomvereering getuigen afbeeldingen uit het Kretisch-Myceensche tijdvak, waarop heilige boomen voorkomen, omsloten door heggen of steenen muurtjes. De olijfboom door Pallas Athene aan de Hellenen geschonken, werd lang op den Akropolis vereerd.

Door de veldtochten van Alexander de Groote (356—323 v. Chr.) tegen de Perzen, kwamen de Grieken in aanraking met de veel hooger staande Oostersche tuinkunst en is de invloed van deze in Griekenland duidelijk merkbaar geworden.

In navolging der Grieken plaatsten *de Romeinen* boomen om hunne tempels en bij de gymnasia.

Italië was arm aan soorten ; olijf, myrthe, granaatappel, kers, enz. zijn er uit Griekenland en het Oosten ingevoerd. *Plinius* beschrijft boomgaarden, rozentuinen en siertuinen, de laatste met vele boomen, klimplanten en in vorm geknipte struiken. Met dit knippen „opus topiarii" was een speciale tuinman belast.

Bij de *Germanen* vonden alle volksverzamelingen : (rechtspraak, godsdienstoefeningen) onder boomen plaats ; zij gebruikten op het feest van zonnewende (21—23 Dec.) spar en maretakken als symbolen.

Het planten van boomen ter gelegenheid van gedenkwaardige gebeurtenissen en voor de woningen (Hausbaum) is nog steeds gebruikelijk. Voor de *Germanen* was dit de linde, voor de *Kelten* en *Pelasgen* de eik.

De heilige „Hain", 't banwoud, waar geen sterveling een boom mag vellen, vinden wij tot op den huidigen dag terug in die beschermde bosschen der berglanden, waarvan het kappen gevaar zou meebrengen voor lawinen. Op 't eerbiedigen van deze maatregel is 't oude bijgeloof zeker nog van grooten invloed.

Van de *natuurbosschen* uit vroegere eeuwen zijn slechts weinige relikten over. De oude cederbosschen *(Cedrus libani)* van den *Libanon* zijn verdwenen op eene kleine groep nabij het dorp Ben harri na, die nu van staatswege be-

schermd wordt. Verder zijn er nog enkele pijnboomen *(Pinus Pinea)* over van het eertijds zoo beroemde *Pinetum* [1]) bij *Ravenna*, 't kustwoud, waar zich vele historische gebeurtenissen hebben afgespeeld en dat in de Romeinsche geschiedenis meermalen genoemd wordt.

In *Amerika* worden groote stukken natuur beschermd, waardoor o.a. in 't General Grant- en 't Sequoiapark de eeuwenoude reuzenboomen: *Sequoia gigantea* en *Sequoia sempervirens* voor omkappen behoed worden.

Het voorkomen van de *Ginkgo*, een boom uit de krijttijd, waarvan de soort Ginkgo biloba nu nog veel in *China* aangetroffen wordt bij tempels, paleizen en graven en verder in tuincollecties, danken wij aan 't feit, dat deze vanouds een heilige boom was. Tot heden werd de Ginkgo nog niet in het wild gevonden.

Zijn de eerste verzamelingen dus ontstaan uit een oogpunt van *godsdienst*, *sieraad* of *nut*, langzamerhand vormden zich hiernaast collecties met een *wetenschappelijk* doel.

b. 1. Boomverzamelingen als onderdeel van algemeen botanische collecties.

b. 2. Zuiver dendrologische collecties.

In de *middeleeuwen* bezaten de kloosters en kasteelen kruidentuinen, waar allerlei artsenij-, moes- en sierplanten gekweekt werden, doch eerst met de oprichting van Universiteiten ontstonden „Kruydttuinen" ernaast, waar men planten kweekte ten dienste der studie. Zij werden geplant om de kennis van artsenijkruiden, in hoofdzaak dus om 't nut, doch ook ter wille van de planten zelf.

De botanie was toen nog slechts een onderdeel der medische faculteit.

De eerste kruidtuinen in Europa bevatten hoofdzakelijk planten uit dit werelddeel met enkele uit het Oosten; wij treffen er weinig winterharde houtgewassen onder aan.

Padua heeft de eerste kruidtuin van beteekenis gehad, opgericht in 1544. De eerste catalogus ervan door J. A. Cortusi verscheen in 1591 en vermeldt van de houtgewassen sering en boerenjasmijn.

1) Pinetum = lett. verzameling Pinus, nu gebruikt voor verzameling coniferen.

De Hortus in *Leiden* is in 1577 gesticht en door den apotheker Kluyt onder leiding van Clusius aangelegd. P. Pauw gaf in 1603 de eerste catalogus uit en ook hier blijkt de sering aanwezig en bovendien Thuja occidentalis, een voorlooper uit Noord-Amerika.

Een der oudste, zoo niet de oudste universiteitstuin in Frankrijk is de *Hortus monspeliensis*, waarvan in 1598 door P. R. de Belleval een catalogus werd gepubliceerd, waarin sering en boerenjasmijn reeds genoemd werden. De botanische tuin te *Parijs* is op 't einde der 16e eeuw door Jean Robin opgericht; officiëel werd pas in 1626 't stichtingsdecreet gedrukt [1]).

In de eerste catalogus ervan, die in 1601 te Parijs verscheen, werden ook boomen vermeld. Thuja occidentalis was onder Frans I uit Canada naar Parijs gebracht (waarschijnlijk met de Cartiersche expeditie in 1534) en vandaar over Europa verspreid.

Oorspronkelijk was de Parijsche tuin het particulier eigendom van Jean Robin, die reeds vele Virginische planten bezat [2]). Hij noemt geen boomen in zijn: „*Histoire des plantes nouvelles trouvées en l'isle de Virginie*" (1620), doch zijn deze zeker aanwezig geweest [3]). Ook in de opsomming, die Guy de la Brosse, lijfarts van den Koning in zijn: „*Ouverture du jardin royal de Paris*" geeft, zijn een groot aantal boomen en struiken genoemd. Zij komen echter nog steeds tusschen de kruidachtige planten voor, ook in de literatuur. Eene scheiding werd soms in zooverre gemaakt, dat de houtachtige planten, zooals in het „*Kruydtboek*" van Dodonaeus (1554), als afzonderlijke groep behandeld werden, wat in het „*Kreuterbuch*" van Fuchs (1553) nog niet 't geval was. De eerste uitgave hiervan is althans nog alphabetisch.

---

[1]) Guy de la Brosse: De la nature, vertu et utilité des plantes, Paris 1628.

[2]) De nieuwe planten uit Robin's tuin, die 's Konings aandacht trokken, dankten die belangstelling voornamelijk aan de toen heerschende mode om kleeren en meubelstoffen met naar de natuur gekozen bloempatronen te versieren. Nooit ontstonden er meer boeken over dit onderwerp dan toen. Antoine de Jussieu schrijft hierover: „Les Arts et les sciences sont souvent redevables de leurs perfections à des circonstances qui paroissent avoir été des effets du pur hasard: on en jugera par le mérite d'un ouvrage que l'art de broder a occasionné et par le fruit que la Botanique peut en tirer."

[3]) Zoo heeft Caspar Bauhin reeds Amerikaansche houtgewassen uit den Parijschen tuin ontvangen. Zie pag. 75.

Het eerste zuiver dendrologische boek ons bekend, is „*De arboribus coniferis resiniferis* etc." *1553* van Pierre Belon med. doct. te Parijs, een man, die veel reisde en verzamelde. Onder zijn invloed is omstreeks 1550 eene belangrijke particuliere collectie van enkel houtgewassen te *Touvoye* bijeengebracht door René du Bellay, bisschop van *Mans*. De verzameling was ten deele door hem zelf uit zaad gekweekt en bestond zoowel uit Europeesche als Oostersche soorten.

Jean du Bellay, aartsbisschop van *Parijs*, kweekte in dien tijd uitheemsche boomen in de abdij *St. Maur*. Ook later zien wij belangrijke dendrologische collecties[1]) eerder ontstaan bij particulieren en kweekers, dan van staatswege. Wel waren eerst de botanische tuinen de aangewezen plaats, waar vreemde houtgewassen mede worden ondergebracht, doch de meerdere ruimte, die zij eischen dan de kruidachtige planten, maakte het bij den toenemenden invoer van nieuwe houtgewassen uit vreemde werelddeelen niet meer mogelijk hen allen goed in de kruidtuinen onder te brengen. 't Ontbreken ervan in menige, overigens goed voorziene Hortus, was dan ook dikwijls aan plaatsgebrek toe te schrijven.[2]) De tuinen lagen gewoonlijk in het centrum der oude stad in eene omgeving, die uitbreiding onmogelijk maakte. Enkele werden buiten de steden overgebracht, zooals de Botanische tuin te *Upsala*, waarvan Gustaaf III den eersten steen legde als „een waardig gedenkteeken ter eere van Linnaeus, die als Directeur den tuin tot grooten bloei had gebracht" (1732—'78). In de meeste landen echter bleef het gebrek aan ruimte voortbestaan. Onstaan en uitbreiding van de botanische collecties zijn voor het grootste deel afhankelijk van den *invoer der planten* en kunnen wij, wat de winterharde houtgewassen betreft, eene indeeling maken, die in groote trekken althans de perioden aangeeft, waarin een bepaalde streek de voornaamste toevoer leverde.

---

[1]) In de tuinen van het Nacariça Klooster te Bussaco in Portugal werd in 1623 eene uitgebreide verzameling houtgewassen aangelegd, die ten deele nog aanwezig is (zie Holland express Nos. 6—7, 1913. „Een bezoek aan Portugal" door Leonard A. Springer).

[2]) Gregor Kraus, Gesch. d-Pfl. Einführ. 1894.

INVOER DER WINTERHARDE HOUTGEWASSEN IN EUROPA.

De eerste nieuwe houtgewassen, door kruisvaarders en kooplieden meegebracht, leverde *Europa*, (M. Z.-Europa en 't Middellandsche zeegebied), daarna *aangrenzend Azië* en *het Oosten*, *de Kaukasus* en *'t Himalayagebergte*.

In de 18e eeuw kwam een stroom winterharde houtgewassen uit *Noord Amerika*. Uit Engeland gingen ontdekkingsreizigers als Fraser (18e eeuw), Lyon en Douglas (begin 19e eeuw). De laatste bereisde vooral W.-Noord-Amerika en zond mooie naaldboomen naar de oude wereld. Uit Frankrijk gingen o.a. Duhamel du Monceau[1]) (18e eeuw) en op last der regeering later de Michaux', vader en zoon.[2])

Op 't einde der 18e eeuw werd de *Japansche flora* voor Europa ontsloten. Kaempfer gaf in zijn „*Amoenitatum exoticarum*" (1712) eene, deels geïllustreerde, opgave van Japansche planten, waaronder de voornaamste houtgewassen. Eerst door den Zweed Thunberg[3]), die met eene Hollandsche expeditie op 't eiland *Decima* landde (1775—1776), gelukte het eene zending levende planten mee naar Europa te brengen. Van de door Kaempfer beschreven *Aucuba* bracht Thunberg eene vrouwelijke plant mee; eerst door Fortune, die in 1861 bij *Yokohama* een mannelijk exemplaar in het wild vond, kwam ook deze in Europa in kultuur. Voor den invoer van Japansche planten hebben zich v. Siebold en Zuccarini[4]) verdienstelijk gemaakt, waarvan de eerste omstreeks 1839 eene kweekerij en import te *Leiden* oprichtte.

't Laatst zijn *Chineesche* planten in de Europeesche tuinen gekomen en het blijkt uit 't onderzoek van de laatste tientallen jaren, hoe de soortenrijkdom van O.-Azië die van alle andere gematigde streken der wereld overtreft. De voornaamste hedendaagsche onderzoeker is E. H. Wilson, een Engelschman, die eerst voor de firma Veitch & Sons te *Chelsea*, nu voor het *Arnold Arboretum* te *Boston* verzamelt. Uit de

[1]) Traité des Arbres et Arbustes 1755 1e ed.; 1801/19 2e ed. door Mirbel bewerkt.

[2]) André Michaux: Histoire des chênes de l'Amérique 1801.
F. A. Michaux: Histoire des arbres forest. de l'Amérique septentrion. 1810.

[3]) Flora japonica Thunberg 1784.

[4]) Flora japonica v. Siebold & Zuccarini 1870.

Japansche tuinen bezaten wij reeds verscheidene Chineesche heesters en bovendien hadden Fransche missionairs reeds vanaf de 18e eeuw Chineesche planten ingevoerd (*Thuja-Biota-orientalis* wordt in de 1e ed. van *Miller's Dict.* 1752 vermeld) en sedert zijn tallooze onderzoekers[1]) in China werkzaam geweest, echter niemand met het succes van Wilson[2]). Ook zijn er vóór de 18e eeuw wel Amerikaansche houtgewassen naar Europa gezonden, voornamelijk uit Canada naar Frankrijk en uit Virginië naar Engeland (destijds respect. Fransche en Engelsche kolonies) doch van een geregelde invoer kan pas in de 18e eeuw gesproken worden. Uit *Z.-Amerika* en *Australië* zijn weinig winterharde houtgewassen gekomen en door deze is dan ook geen bepaalde periode gekenmerkt. Als gevolg van die invoeringen zien wij in de verschillende landen min of meer belangrijke collecties houtgewassen ontstaan, waarvan de meesten niet blijvend waren.

Het is voor ons voldoende die verzamelingen te noemen, die destijds van invloed waren op de ontwikkeling der dendrologie en waarvan degene, die gebleven zijn of die in den nieuweren tijd hun oorsprong vonden, ons mogelijk tot voorbeeld kunnen strekken.

Frankrijk.

Wij hebben bij den invoer van Amerikaansche houtgewassen in Frankrijk de namen en voornaamste werken reeds vermeld van Duhamel en de beide Michaux'. Zij hebben er veel toe bijgedragen, ook buiten de grenzen van hun vaderland, de kennis van Amerikaansche boomsoorten te verspreiden. De invoeringen van Michaux werden eerst in de kweekerijen *du Roule* van den Koning geplant en vandaar verder verbreid. Uit dien tijd dateert de kweekerij van Vilmorin (1815 in *Verrières* begonnen, doch eigenlijk reeds uit de 18e eeuw), die nòg van groote beteekenis is en met firma's als Lemoine te *Nancy* en Simon Louis frères te *Plantières b/Metz* (nu Duitsch) onder de eerste van Europa gerekend kunnen worden. Zij kweeken echter niet uitsluitend houtgewassen.

In 1858 werd het *Arboretum Segrezianum te Segrez*

[1]) F. G. Brettschneider: Hist. of bot. discov. in China 1898.
[2]) E. H. Wilson: A naturalist in Western China 1913.

(Seine et Oise) opgericht door den Heer Alph. Lavallée, die in 1877 eene systematische catalogus uitgaf [1]) van de toen reeds 4267 soorten en variëteiten rijke collectie (tuinvar. niet meegerekend). Hij schrijft in de voorrede: „Er bestaan in Frankrijk geen groote dendrologische collecties meer .... Wel bevatten onze botanische tuinen enkele kostbare boomen en struiken, maar deze inrichtingen zijn in de steden gelegen, waar nòch de grond, nòch de atmosfeer zich tot eene goede kultuur eigenen; het is onmogelijk, dat zij er tot volle ontwikkeling kunnen komen. Men zou er ook 't groote aantal twijfelachtige soorten en tuinvariëteiten niet kunnen plaatsen, die ik in Segrez vereenig. De rijkste Arboreta zijn tegenwoordig de groote kweekerijen, waar de ontwikkelde kweekers enkele exemplaren bewaren ter wille van hun mooi uiterlijk of hunne zeldzaamheid."

Deze uitspraak is typeerend voor den toestand in dien tijd, ook in andere landen. De Horti konden groote dendrologische collecties al lang niet meer bevatten en bij de uitbreiding ervan namen ondernemende kweekers en particulieren 't werk ter hand. Het Arboretum Segrezianum bestaat nog (de Heer Lavallée is sedert overleden) en bevat eene rijke verzameling, die van de groote gaven van den oprichter getuigt. Echter zag het er in 1900 bij 't bezoek van den Duitschen dendroloog Beiszner reeds wat verwaarloosd uit en is het lot van particuliere verzamelingen steeds onzeker.

Anders ging het met den aanleg van den Heer de Vilmorin in *Nogent s. Vernisson* (domein *des Barres).*

Vanaf 1821 werd hier in het groot eene aanplant van uitheemsche boomen toegepast met het doel acclimatiesatieproeven te nemen met verschillende soorten en de streek door bebossching vruchtbaar te maken. Na den dood van den Heer de Vilmorin in 1866 heeft het Rijk de bezitting overgenomen en het werk voortgezet. In 1873 werd er een boschbouwschool aan verbonden, een Herbarium en eene verzameling van houtsoorten, vruchten en zaden aangelegd en tevens eene bibliotheek opgericht. In het ruim 67 H.A. groote *Arboretum des Barres,* dat in landschap-

[1]) Enumération des arbres et arbriss. cultivés à Segrez 1877. Zijn „Icones selectae arbor. et frut." is niet voltooid.

stijl is aangelegd, staan de boomen op de grasvelden, doch ook in groote bestanden, 't zij gemengd of op rijen van eene soort. Door den Direkteur, den Heer Pardé, werd in 1906 eene (in 1901 geschreven) „*Enumération des végétaux ligneux* etc." van het *Arboretum national des Barres* uitgegeven met beschrijvenden tekst en één deel illustraties. In 1878 was reeds een catalogus verschenen.

In het *Arboretum de la Grève* in *Charente* bezit Frankrijk eveneens eene belangrijke verzameling houtgewassen.

Door de *Soc. dendrol. de France* worden geregeld mededeelingen uitgegeven op dendrologisch gebied.

Engeland.

In Engeland is een der oudste collecties bijeengebracht door Bisschop Compton te *Londen* (1623—1715), die toen reeds *Liriodendrum tulipifera* (tulpenboom), *Liquidambar styraciflua* (amberboom), *Aralia spinosa*, *Juniperus virginiana* [1]) en andere Virginische boomen bezat, allen voorloopers van de eerst in de 18e eeuw naar Europa gezonden collecties Amerikaansche houtgewassen. Voor Bisschop Compton verzamelde John Banister, die als missionair door hem naar Virginië gezonden was en vandaar vele planten naar Engeland meebracht. Hij viel op een zijner tochten van een rots en kwam hierdoor om 't leven. Ook uit andere bronnen heeft Compton planten gekregen, want er waren in dien tijd meer verzamelaars in Engeland.

Zoo had Tradescant in zijn tuin voor 't eerst *Lonicera sempervirens* [2]) en *Vitis vulpina*. De jonge Tradescant had behalve 't vasteland van Europa ook Virginië bereisd. Aan hem wordt in *Evelyn's Silva* de invoer van de *Liriodendrum* toegeschreven, [3]) doch Loudon geeft in zijn *Arboretum*

---

[1]) Door Bisschop Compton werden vele nieuwe planten naar 't vasteland gezonden. Paul Hermann ontving de Juniperus virg. van hem voor den Leidsche Hortus (Hort. Acad. Lugd. Bat.-Cat. 1687). In 1648 was deze plant reeds in den Hortus te Oxford.

[2]) Afgebeeld en beschreven door P. Hermann in den Hort. Acad. Lugd-Bat. Cat. 1687, dus toen ook in Leiden aanwezig.

[3]) Het heet, dat Tradescant den boom naar zijne bloemen tulpenboom noemde, doch is deze naam niet overal aangenomen, want in Evelyn's Silva schrijft men: „Ze hebben een populier in Virginië met een merkwaardig gevormd blad, alsof de punt ervan is afgesneden en die zeer goed groeit.... Ik wilde, dat wij er meer van hadden." Paul

et Fruticetum den graaf van Norfolk als invoerder op.

Eene bekende kweekerij uit dien tijd was van London & Wise; de eerste was achtereenvolgens tuinman van Bisschop Compton, „William & Mary" en „Queen Anne" geweest.

Op *Hampton Court,* waar Willem III van Oranje zijn intrek nam als Koning van Engeland, waren vele uit Soestdijk (de bezitting van Mr. Bentinck, den lateren graaf van Portland) ingevoerde vreemde planten.

De Hollandsche tuinen waren toen de rijkste van Europa.

In de 18e eeuw werd de rijkdom der Amerikaansche bosschen eerst goed in Europa bekend en gingen uit Engeland Fraser en in 't begin der 19e eeuw Lyon en Douglas. Aan Douglas, die hoofdzakelijk in West-Noord-Amerika reisde, danken wij o.a. *Pinus Lambertiana* en *P. ponderosa, Berberis Aquifolium* en *Ribes sanguineum.*

De firma Loddiges uit *Hackney* maakte ± 1818 een Arboretum van 7 acres [1]), dat 1200 soorten en variëteiten bevatte en aangelegd was in den vorm van eene opgerolde veer „zooals bij de Ionische zuilen". In den buitensten kring stonden de geslachten, die A tot beginletter hadden en zoo voort tot 't eindpunt met Zizyphus afsloot. 't Eigenlijke middelpunt bestond uit eene alphabetische

---

Hermann geeft in de Leidsche Catalogus van 1687 eene mooie afbeelding ervan, zonder bloemen of vruchten en zegt in de beschrijving van de „Tulipifera arbor virginiana" niet te durven beslissen in welke plantengroep deze boom thuisbehoort, daar hij nòch bloemen, nòch vruchten ervan heeft gezien.

„Ik hoor, dat de boom door sommigen een els, door anderen een Acer, door sommigen zelfs een populier genoemd is, maar niet op welken grond. De personen, die in Virginië zijn geweest verzekeren allen, dat de bloemen zeer schoon zijn en op tulpen gelijken, maar over de vrucht kunnen zij niets zekers zeggen. Twee jaren geleden zond Jacobus Bobart, voorzitter van den hortus te Oxford mij onder vele andere interessante zaken uit Virginië verkregen, eenig zaad onder den naam van Tulpenboom, dat volgens mijn vermoeden op zaad van een conifeer geleek."

Hier volgt eene goede beschrijving van 't zaad, dat echter niet opkwam. Aan 't slot van de verdere plantbeschrijving schrijft Paul Hermann: „Eene dergelijke boom, van de grootte van een okkernoot heb ik in 1683 gezien in den prachtigen tuin van graaf Nortfolck, op 5 of 6000 pas afstand van Londen, die daar wel ongeveer 20 jaar gekweekt was, maar nog geen bloemen of vruchten gegeven had."

Uit Loudon hooren we, hoe de plant door Bisschop Compton 't eerst in den open grond werd gekweekt en toen goed groeide. Vermoedelijk is de tulpenboom kort na elkaar door meer dan een persoon ingevoerd.

[1]) 1 acre = 40.468 aren.

Ericaceae collectie, in kringen geplant, terwijl de verzamelingen wilgen, yucca's en rozen (1500 soorten) afzonderlijk stonden.

Van iedere soort waren bovendien planten voor voortkweeking en een voorraad jonge planten aanwezig. Op den duur was het echter niet mogelijk de „specimen" planten te laten groeien. Uit dit voorbeeld, één uit vele, leeren wij hoe rijk aan soorten de kweekerijen uit dien tijd waren. De firma Loddiges gaf het *Botan. Cabinet* uit, een geïllustreerd prachtwerk, waarin de nieuw ingevoerde planten (kruidachtige zoowel als houtachtige) beschreven en afgebeeld werden.

Van de particuliere collecties is die te *Dropmore* van Lady Granville beroemd geworden, eene collectie, die hoofdzakelijk loofhout in het park bevatte en als Pinetum een afzonderlijk gedeelte had, dat in 1794 gesticht werd.

In *Bayfordbury* waren in 1775 tien Libanonceders geplant, die er uitstekend groeiden. Aangemoedigd door dit welslagen werd tot den aanleg van een Arboretum besloten en in *1837,* in overleg met den bekenden dendroloog J. C. Loudon, een 10 acres groot terrein op zandgrond speciaal tot Pinetum ingericht. Dit Pinetum bestaat nog en wordt uitgebreid door een kleinzoon van den stichter. In 1913 gaf de eigenaar een geïllustreerd werk uit over coniferen, waarin bijna uitsluitend eigen planten beschreven zijn [1]).

Behalve particuliere collecties en kweekerijen [2]) ontstonden in de 19e eeuw vele kleine Arboreta in de verschillende botanische tuinen. *Liverpool, Hull, Colchester, Manchester, Birmingham* en *Sheffield* hebben alle collecties houtgewassen bijeengebracht en 't bestaande Arboretum in den *Bot. tuin te Edinburgh* werd uitgebreid.

In *1823* werd een Arboretum in den tuin van de *Hortic. Soc.* te *Turnham Green* aangelegd, dat door een te kleinen opzet weldra mislukte.

In *Ierland* was men in *1808* reeds in de *Trinity Bot. Gardens* aan eene verzameling boomen en heesters begonnen

---

[1]) Illustrations of Conifers door Clinton Baker 3 dln. Hertford 1913.

[2]) Nog bestaan de kweekerijen van de firma James Veitch & Sons te Chelsea, die zich o.a. verdienstelijk gemaakt heeft door den invoer van vele Chineesche houtgewassen en kasplanten.

en zoo zijn er nog vele te noemen, waarvan de meeste echter niet van groote beteekenis zijn geworden.

Eene uitzondering hierop maakte het Arboretum van Mr. Lawson in *Edinburgh*, waar weldra meer coniferen waren dan ergens anders in Schotland of Engeland. Niet zonder grooten invloed op de ontwikkeling van de dendrologische kennis en de uitbreiding der collecties houtgewassen was 't verschijnen in *1838* van Loudon's groote dendrologische werk: „*Arboretum et Fruticetum britannicum*, een geïllustreerd werk in acht deelen, dat de geschiedenis van den invoer, de botanische beschrijving en praktische wenken omtrent 't kweeken en de toepassing in de tuinen omvat van alle boomen en struiken, die in Engeland in het bijzonder, doch ook in alle andere landen met een gelijk klimaat konden groeien. Loudon bepleitte 't nut van Arboreta om in de eerste plaats de boomflora van het eigen land en daarna die uit landen met een overeenkomstig klimaat te bestudeeren. Kort na 't verschijnen van zijn boek werd in *1841* de 11 acres groote botanische tuin te *Kew*, 't oude Arboretum inbegrepen, voor het publiek geopend.

De grondslag hiervoor was reeds in *1762* gelegd, toen alle boomen en struiken van den hertog van Argyll overgebracht werden naar de tuinen van den prins van Wales te *Kew*. De 1e catalogus van die verzameling verscheen in *1768* en vermeldde 488 winterharde boomen en struiken. In *1844*, reeds drie jaren na de opening, kwamen er 44 acres bij voor een pinetum, dat er aanvankelijk niet gelukte en in *1845* werden de „pleasure grounds" van den hertog van Hannover er aan toegevoegd om een *Nationaal Arboretum* te vormen. Het tegenwoordige Arboretum, dat deel uitmaakt van den 120 H.A. grooten, botanischen tuin, is ruim 80 H.A. groot. Kew is dus in hoofdzaak uit parken ontstaan.

In de 2e helft der 19e eeuw trof v. Petzold (de man, die onder Fürst von Pückler te Muskau den grooten landschappelijken aanleg aldaar uitvoerde) bij een bezoek aan Kew daar nog kleine bestanden eik, beuk en naaldhout aan. De planten zijn hier dus in de beschutte omgeving van bestaand plantsoen grootgebracht in het gunstige Zuid-Engelsche klimaat, doch als groot nadeel, vooral voor 't naaldhout, bleek de nabijheid van de Londensche fabrieken.

Het Arboretum is slechts een onderdeel van de Kew

Gardens, die ook tot doel hebben in het belang der kolonies werkzaam te zijn. Dit brengt het voordeel mee, dat in de naaste omgeving niet alleen vele tropische houtgewassen aanwezig zijn, doch ook Herbarium en Bibliotheek vollediger zijn. De schikking der planten in het Herbarium is volgens het systeem van Bentham & Hooker, doch de soorten zijn geografisch bijeengelegd. Het Herbarium bevat 2 millioen exemplaren. De Bibliotheek bevat 23.000 boeken, waarvan 't oudste werk „*Ruralium commod*", van Peter Crescentius uit Bologna uit 1471 dateert.

In den tuin staan een drietal musea en verscheidene kassen, waarin ten deele ook tropische en subtropische houtgewassen gevonden worden. Er wordt veel werk besteed aan 't invoeren van nieuwe soorten en aan kruisingsproeven, ook met houtgewassen. De eerste catalogus (1768) is door tal van andere opgevolgd. De laatste zijn:

Handlist of trees & shrubs en een „*Handlist*" van de *coniferen* afzonderlijk. In 1908 verscheen een geillustreerd werk over de geschiedenis en inrichting van de Kew Gardens door W. J. Bean. De *Index Kewensis*, in 1882 begonnen en in 1895 uitgegeven, geeft eene alphabetische opsomming van alle plantensoorten der wereld met hun auteur, 't land van herkomst en eene literatuuropgave, waar de plant het eerst gepubliceerd is. Iedere vijf of tien jaren verscheen een supplement van de Index, waardoor het werk van blijvende waarde is. In 't Arboretum waren volgens de Handlists van 1902/3 4500 soorten loofboomen en struiken en 340 soorten en variëteiten van naaldboomen aanwezig.

Duitschland (Oostenrijk, Zwitserland).

In Duitschland zijn de universiteitstuinen pas ontstaan na die van Italië, Nederland en Frankrijk. Evenals daar bleven de winterharde houtgewassen er in de minderheid.

Van *1573—1587* was Clusius als arts aan het Oostenrijksche hof verbonden; hij reisde en verzamelde veel (o.a. in Oostenrijk, de Alpen, Pannonië enz.) en beschreef de nieuw ontdekte planten in zijn *Rariorum plantarum historia 1601*. Daarin wordt ook het „*theestruikje*", *Spiraea salicifolia* vermeld, dat een der eerste Siberische heesters in Europa was.

Weenen bezat toen als zeldzaamheid een *paardenkastanje*, *Aesculus Hippocastanum*, afkomstig uit Z.-Europa.

Reeds in 1544 was door een arts uit *Bazel*, Leonhard Fuchs, een „*Kreuterbuch*" uitgegeven van de wilde flora en tuinplanten; ook houtgewassen zijn erin vermeld, doch alleen Europeesche.

Caspar Bauhin ontving in *1622* voor den botanischen tuin in *Bazel* verscheidene Virginische houtgewassen uit Parijs als *Rhus typhina*, *Rhus toxicodendrum* en *Ampelopsis hederacea*.

Na den grooten invoer in de 18e eeuw uit Amerika, waaraan door de Duitschers zelf geen deel werd genomen, zien wij echter wel rijke verzamelingen ontstaan, waarvan de planten uit naburige landen betrokken waren. Van belang waren de collecties van den graaf von Veltheim te *Harbke* en in *Schwöbber* van Freiherr von Münchhausen. Hoe uitgebreid de Amerikaansche boomflora in de tuinen toen reeds was, zien wij uit de toenmalige dendrologische werken van: du Roi „*die Harbkesche wilde Baumzucht*" (1771); von Burgsdorf „*Erziehung der Holzarten*" (1787) en Wildenow „*die wilde Baumzucht*" (1810/11). Na Wildenow kwam in 1822 Hayne's „*Dendrologische Flora von Berlin*" en zijn wij nu in de 19e eeuw, waarin vele groote kweekerijen zooals van de firma J. Booth & Söhne in *Flottbeck* en de nieuwe in landschapstijl aangelegde parken van beteekenis waren om de uitgebreide verzamelingen houtgewassen. Van de parken zijn *Wilhelmshöhe* bij *Cassel*, *Wörlitz* bij *Dessau*, en *Herrenhausen* bij *Hannover* onder de eerste. 't Belangrijkst voor de toekomst zijn de aanplantingen van uitheemsche boomen op de bezittingen van Fürst von Pückler te *Muskau* geworden, onder wiens leiding het park Muskau met de omliggende dorpen op de meest grootsche wijze in een ideaal landschap herschapen werden naar de voorschriften van de onregelmatige Engelsche landschapstijl. Later werd Prins Frederik der Nederlanden eigenaar van Muskau en in dien tijd verscheen de *eerste catalogus* door v. Petzold en Kirchner in 1864, van het „*Arboretum muscaviense*", waarin ± 3000 soorten en variëteiten vermeld worden, enkele Monocotylen inbegrepen. Kort daarop verscheen achtereenvolgens van *1869—1873* in drie deelen het standaardwerk „*Dendrologie*" door Dr. Karl Koch, waarin hij het resultaat van eene veertigjarige, nauwgezette studie der dendrologie heeft neergelegd. De dendrologie

heeft zich nu overal als eene zelfstandige botanische richting doen kennen. Men vond studiemateriaal in het wild, in Herbaria en in botanische tuinen en parken. Daar juist die tuinen en parken de voornaamste bron van studie waren voor de meesten, moest het bij den toenemenden invoer van houtgewassen, waaronder nu vele Oost-Aziatische voorkwamen, wel blijken hoe onvolledig en gebrekkig de planten overal waren ondergebracht. De botanische tuin te *Berlijn* had reeds belangrijke verbeteringen ondergaan onder den adj. Directeur Dr. K. Koch, doch de beschikbare ruimte was en bleef onvoldoende.

In *1877* werd te Berlijn op het noodzakelijke van een op te richten Nationaal Arboretum gewezen door Carl Bolle [1]).

Bolle noemt eene dergelijke inrichting van belang voor tuin- en boschbouw, voor kunsten en wetenschappen, doch niet minder voor de opvoeding van het volk. Want wat zelfs de rijkste mensch niet kan bereiken, wordt nu algemeen bezit. Hij formuleert zijne wenschen als volgt:

„Man gründe von Staatswegen eine Anstalt, die ausschliesslich der Gehölzkunde gewidmet ist. Ohne etwas absolut Neues darstellen zu wollen, wird dieselbe .... im Grunde nichts Anderes sein als ein, wenn nicht allein, so doch hauptsächlich für Holzpflanzen bestimmter botanischer Garten, mit gewissen stark ausgeprägten Beziehungen zu den Begriffen von Baumschule, Park und Obstgarten [2]): ein Institut, den bereits bestehenden verwandt, nur mit dem Vorbehalt räumlicher Erweiterung bei thatsachlicher Beschränkung der aufzunehmenden Gewächse. Hier soll ein jeder Baum zur vollsten individuellen Geltung kommen und alle Bedingungen vorfinden, die zu seiner ..... Entwicklung erforderlich sind; ..... Hier stelle man sich die ..... Aufgabe, den Baum .... mit allen jenen Accessorien zu umgeben, die in seiner Heimath einen eigenen Mikrokosmus aus ihm machen: mit der Liane ...., mit dem Schmarotzergewächs ... enz. enz .... [3]). Er soll Allen offen stehen und dienen ... Wir

[1]) Carl Bolle: Ein Wort zu Gunsten des dendrologischen Gartens (Monatschr. d. Ver. z. Bef. d. Gartenb. 1877).

[2]) Hiermee wordt niet bedoeld eene verzameling van veredelde vruchtboomen bijeen te brengen, doch de wilde vormen van appel, peer, kers, pruim, bes e. d., die voor onderstammen en voor kruisingsproeven enz. van belang zijn.

[3]) Wij weten sedert, dat de vorming van dergelijke groepen slechts ten deele uitvoerbaar is.

denken uns seine Baumgänge, in welchen ein schöpferisches Genie vielleicht das natürliche System Jussieu's mit den physiognomischen Gruppirungen Humboldt's zu verschmelzen wissen wird, um beide in .... „landschaftlicher Schönheit aufgehen zu lassen ....''

Muskau als grondslag te nemen verwerpt hij om de afgelegen ligging en de onwetenschappelijke indeeling en wijst *Berlijn* als de geschiktste plaats aan.

't Eenige rusultaat van al deze en dergelijke pogingen waren eenige veranderingen in den botanischen tuin te Berlijn. Eerst in het begin der 20e eeuw is men er toe overgegaan een' nieuwen botanischen tuin buiten Berlijn aan te leggen, die zoowel universiteitstuin, als openbare inrichting zou worden. Een ± 34 H. A. groot terrein te *Dahlem-Steglitz*, waarvan *13 H.A.* voor *Arboretum* bestemd werd, is hiervoor aangekocht.[1]) Behalve in het *systematische* Arboretum zijn houtgewassen geplaatst in de *planten-geografische* afdeeling van den tuin, naast de kruidachtige planten, als vertegenwoordigende groepen uit verschillende landstreken en tevens in twee *biologisch-morfologische* afdeelingen, die houtachtige- en kruidachtige planten bevatten. 's Zomers komt hierbij buiten eene *subtropische* collectie uit de kassen.

In de *plantengeografische* afdeeling zijn de landstreken ingedeeld in flora's, gebieden en provincies. Iedere provincie in een noordelijke- en zuidelijke zone, die zoo noodig in kleinere gebieden is ingedeeld, terwijl de planten in natuurlijke groepen zijn geschikt.

In de *eerste biologisch-morfologische afdeeling* ziet men voorbeelden van de verschillende aanpassingen der plant in verband met de assimilatie: dwerggroei uit arktische- en hooggebergte streken; altijdgroene planten; verschillende bladvormen (bladmozaiek); de wijzen van klimmen en hechten enz.

De *tweede biologisch-morfologische afdeeling*, geeft o.m. niet zaad-constante variaties als: dwerg-, kogel-, treurvormen enz.; bladvariaties als goud- en zilverbont, gekroesd- en ingesnedenbladig; eene demonstratie der verschillende be-

---

[1]) Zie plaat III, fig. 1 plattegrond; fig. 2 Z.-Russische steppe, eene plantengeografische groep, waarin de samenleving der steppeplanten gedemonstreerd is. Zoowel uit aesthetisch, als uit praktisch oogpunt gelukken dergelijke groepen slechts ten deele.

stuivingswijzen: wind- en insektenbloeiers, enz. de verspreiding van de vruchten en zaden. [1])

Belangrijke houtgewassenverzamelingen vinden wij in de groote kweekerijen, zooals die van Hesse te *Weener,* van de firma Ludw. Späth te *Berlijn,* (die van het 325 H.A. groote terrein een deel tot Arboretum heeft gemaakt), in particuliere tuinen en in de Arboreta van verschillende boschbouwinrichtingen.

Te *Grafrath* [2]) in Beieren is bij het boschbouwkundig proefstation een 47 H.A. groot terrein gevoegd voor acclimatisatieproeven met vreemde houtgewassen in eene natuurlijke boschomgeving.

De akademische boschbouwinrichting te *Tharandt* in Saksen neemt eveneens acclimatisatieproeven. Dit 11.5 H.A. groote Arboretum bevat een kleine 1700 soorten en dient in de eerste plaats voor 't onderwijs in botanie en boschbouw aan de studenten, zoowel als voor iederen vakman; in de tweede plaats ten algemeenen nutte. 't Overtollige plantsoen wordt in en buiten Saksen afgeleverd.

Ook de verschillende botanische tuinen bevatten min of meer belangrijke collecties houtgewassen. [3]) De kennismaking met de *Mitteilungen d. Deutsche dendr. Ges.*, 't orgaan van de in 1892 opgerichte vereeniging ter behartiging der dendrologische belangen, geeft ons reeds eenigszins een inzicht in de beteekenis der dendrologie in Duitschland. De vereeniging tracht de dendrologische kennis te bevorderen door vakbijeenkomsten en excursies, het uitgeven van geschriften (de jaarlijksche „Mitteilungen" o.a.), 't goedkoop beschikbaar stellen van vakliteratuur, 't verstrekken van zaden en planten en 't invoeren van waardvolle soorten door onderzoekers uit te zenden (o.a. Purpus naar N. Amerika).

Eenige jaren later is in *Oostenrijk* de *Oesterr. dendr. Ges.* opgericht, eveneens met een eigen orgaan en werkzaam op de wijze der D. D. Ges.

Het „*Arboretum der Lehrkanzel f. Bot. in der K. K.*

---

[1]) Führer durch die biol. morph. Abteilungen des Kön. Bot. Gartens zu Dahlem. A. Engler 1905.

[2]) Les essences forestières de Grafrath. L. Pardé (Bull. d. l. Soc. dendr. de France).

[3]) Les jardins botan. aux bords du Rhin au point de vue dendrol. Hickel, 1900 Orléans.

Hochschule für Bodenkultur" te *Weenen* is de Oostenrijksche, officieele, dendrologische inrichting, terwijl er belangrijke particuliere collecties bestaan, zooals de nog jonge, doch reeds zeer rijke verzameling van István Ambrozy in *Malonya*.

Het nieuwste dendrologieboek (in 't Duitsch geschreven), waarin vele nieuwe soorten en varieteiten vermeld zijn, is het Oostenrijksche „*Ill. Handbuch der Laubholzkunde*" door Camillo Karl Schneider (1906—12), die in 1903 zijne „*Dendrologische Winterstudien*" uitgaf.

Van *Zwitserland* mag de collectie houtgewassen van den Heer Froebel te *Zürich* niet onvermeld blijven.

Rusland.

Van de botanische tuinen was die te *Petersburg* lang een der belangrijkste van Europa. Russische botanici bereisden al vroeg aangrenzend Azië, Siberië, de Kaukasus enz.

Door hunne reizen in Azië zijn in de 18e eeuw Gmelin en Pallas [1]) beroemd geworden. Het werk „*Flora rossica*" van Pallas is nog van beteekenis en bevat mooie afbeeldingen van houtgewassen. Later gaf Ledebour [1]) (1844/46) een *Flora rossica* uit met een afzonderlijk plaatwerk „*Icones Flor rossic.*", waarin kruidachtige en houtachtige planten zijn afgebeeld. Onder den Directeur der Bot. tuin te Petersburg Fischer [1]) en zijn opvolger C. A. Meyer [1]) († 1855), die tijdgenooten waren, bereikt die instelling een grooten bloei. Meyer had in de jaren 1829/30 West-Kaukasië bereisd en vele nieuwe planten, waaronder interessante houtgewassen, meegebracht. Uit de Petersburgschen botanischen tuin zijn dan ook vele houtgewassen, o.a. *Parrotia persica*, [2]) over Europa verspreid.

Als zuiver dendrologische verzameling uit den lateren tijd kan het *Arboretum v. h. K. Boschb.-instituut* te *Petersburg* genoemd worden.

Japan.

Japan bezit reeds in zijne bosschen een rijke collectie houtgewassen; van zijne inrichtingen is de *universiteitstuin*

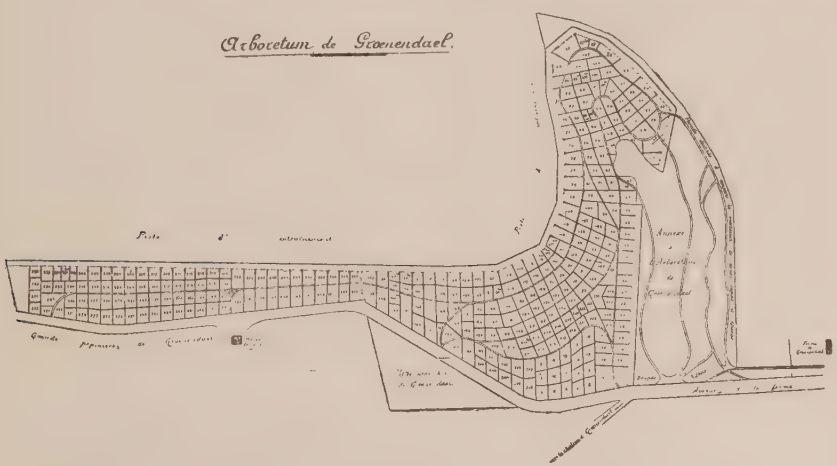
[1]) Allen Duitschers, die in Rusland werkzaam zijn geweest.
[2]) Eene nadere mededeeling over deze plant wordt gevonden in dit deel der Meded. (een der volg. aflev.)

te *Tokia* van beteekenis. Dr. Heinr. Mayr die destijds als docent aan de universiteit te Tokia was verbonden, gaf in *1890* eene „*Monographie der Abietineen*" uit, voorzien van Japansche en Duitsche tekst.

In *1905* verscheen de „*Atlas of Japanese Vegetation*" door Prof. M. Muyoshi van de universiteit te Tokio en omstreeks dienzelfden tijd werden door Homi Shirasawa de „*Essenses forestierès*" uitgegeven, een folio plaatwerk met één deel Fransche en twee deelen Japansche tekst. Een goed buitenlandsch werk over de Japansche woudflora verscheen in Amerika: „*The forest flora of Japan*" door Charles Sprague Sargent, 't geen nu reeds is uitverkocht. Terwijl vroeger de Japansche flora alleen door buitenlanders beschreven werd [1]), wordt deze tegenwoordig vrijwel uitsluitend door de Japanners bewerkt. Loudon's wensch, dat ieder land zijn Arboretum zal bezitten en ieder volk de eigen flora in de eerste plaats zal bestudeeren, begint meer en meer in vervulling te geraken.

België.

In België is in *1897* door de *boschadministratie* een ± *12 H.A.* groot Arboretum te *Groenendael* opgericht. De



Plattegrond van het Boschbouw-arboretum te Groenendael.
(Indeeling in vakken van 1 Are voor iedere soort.)
Uit: Catal. Arb. d. Gr. 1909.

[1]) Zie Invoer pag. 68: Kaempfer, Thunberg, v. Siebold & Zuccarini.

catalogus van 1909 vermeldt 321 soorten. Van iedere boom zijn naast de Latijnsche-, ook de Fransche-, Duitsche- en Engelsche naam opgegeven en sedert 1913 is men bezig goede Hollandsche namen te verzamelen. Verder zijn planttijd en leeftijd van den boom, 't land van herkomst en eene korte beschrijving van 't uiterlijk en van zijne praktische waarde gegeven. De boomen groeien er in boschcondities, in zuivere, 1 Are groote bestanden van ééne soort. Slechts wanneer er niet voldoende exemplaren aanwezig zijn, wordt het vak aangevuld met goed groeiende inlandsche soorten.

Het *75 H.A.* groote *Arboretum van Tervueren* is door Prof. Bommer in plantengeografische complexen, ieder van 1 H.A., ingedeeld, eerst naar de verschillende landstreken en deze weer in zones. Zoo is N.-Amerika verdeeld in een atlantisch en een pacifisch gebied, dit weer in kustgebieden en bergstreken, resp. in de streek van 't Alleghany- en 't Rotsgebergte. Ieder gebied is weer in zones verdeeld met opgave van de standplaats, (moeras, rivieroevers, enz.). [1])

Amerika (Noord-Amerika).

De geschiedenis van Amerika's houtgewassencollecties is nog nieuw. In de botanische tuinen zijn er enkele bijeengebracht, doch eerst met de oprichting van het *Arnold Arboretum* te *Boston* in *1882* bezit Amerika eene wetenschappelijke dendrologische inrichting. Dit Arboretum dankt zijn ontstaan aan eene schenking van den Heer Arnold († 1870) en verbond zich met de *Harvard University* te Boston, die 50 H.A. van zijn terrein afstond. In de jaren, die aan de voorbereiding vooraf gingen, werd op de eigen kweekerij veel gekweekt. De Japansche struiken o.a. zijn meest uit zaad verkregen, dat door den Directeur van 't Arboretum, Prof. Sargent, in de bergen van Japan op de natuurlijke groeiplaatsen verzameld was. Bij den aanleg is rekening gehouden met den grootsten omvang, dien iedere boom in volwassen toestand bereiken kan en is die ruimte van den aanvang af voor één exemplaar bestemd.

---

[1]) Een voorbeeld hiervan is gegeven op pag. 94.

Hiernaast komen van iedere soort groepen van vijf tot twintig exemplaren om later een paar der meest typische ervan te behouden en de werking als groep hiermee te demonstreeren.

De Oostelijke Ver. Staten zijn 't best vertegenwoordigd; van de buitenlandsche boomen zijn naar de waarde één of meer exemplaren voorhanden. De rangschikking is systematisch, doch in groote geslachten worden de soorten naar hun vaderland gezet.

De struiken zijn afzonderlijk gehouden en systematisch op bedden geplant. Langs de wegen, die als parkwegen gebruikt en door de stad Boston onderhouden worden,[1]) staan groote groepen, waaronder honderden struiken van de voor parken meest waardvolle soorten.

Omstreeks *1894* werden 100 H.A. aan 't Arboretum toegevoegd. Het terrein is heuvelachtig, ten deele rotsachtig en met natuurlijk water, moerassen, beekjes en vijvers; een gedeelte der bestaande beplanting is behouden en aangevuld. Zoo is Hemlock Hill een 175 voet hooge, rotsachtige heuvel met *Tsuga canadensis* (hemlock) en *Pinus Strobus* bedekt. Als loothout treft men er *Quercus-*, *Carya-*, *Betula-*, *Castanea-*, *Fagus-*, *Acer-* en *Ulmus*soorten aan met als onderhout struiken zooals: *Cornus, Myrica, Alnus* en *Rhus* en bodemplanten als *Vaccinium.*

Het *Museum* van 't Arboretum (eene schenking van Mr. Hunnewell) bevat eene *verzameling houtsoorten*, het *Herbarium* en de *Bibliotheek.* Van het Herbarium is de Japansche collectie door Prof. Sargent verzameld, de Chineesche door Dr. Henry. De Bibliotheek, die in 1898 reeds 5000 boeken telde, bevat vanaf de oudste „Kruydtboeken" tot de laatste band van Engler & Prantl's „*Natürl. Pfl. Fam.*" en Sargent's groote „*Silva of North America.*" Prof. Sargent heeft zijne eigen rijke biblotheek aan 't Museum geschonken.

Aan 't Arboretum zijn onderzoekers verbonden, waarvan Ernest H. Wilson China bereisde.[2]) Na reeds twee reizen in China gemaakt te hebben voor de firma Veitch & Sons te Chelsea, heeft Wilson een paar maal West-China bezocht

[1]) Zie plaat IV, fig. 1.
[2]) Op 't oogenblik is hij op eene expeditie in Korea.

in dienst van het Arnold Arboretum. Zijn boek „*A naturalist in Western China*" geeft verslag van zijn tienjarig verblijf in China als onderzoeker. Het blijkt, dat de flora van China de Japansche en die van iedere andere gematigde streek verre overtreft. Vele belangrijke winterharde houtgewassen zijn door hem in Europa en Amerika in kultuur gekomen.

Ook trof Wilson menige plant in China in 't wild aan, die men reeds als Japansche tuinplant had leeren kennen en voor Japansch gehouden. Dergelijke feiten zullen nog meer aan 't licht komen, nu de Japansche flora door de Japanners bewerkt wordt, zooals dit nog steeds het geval is met de Amerikaansche flora, die tot voor ± 50 jaar vrijwel alleen door Europeanen beschreven was.

Nederland.

In Nederland zijn al vroeg botanische collecties van beteekenis geweest. De *Leidsche Hortus* was een der eerste kruidtuinen van Europa en lang een der voornaamste. Later namen hiernaast *Amsterdam*, *Groningen* en *Utrecht* eene beduidende plaats in.

Wat 't voorkomen van winterharde houtgewassen betrof, stond Leiden bovenaan en waren de nieuwigheden er vrijwel gelijktijdig aanwezig als in 't buitenland. [1]) Betrekkelijk laat *(1633)* kwam in Leiden de paardenkastanje [2]) (*Castanea equina*), die in 1557 reeds door Mattioli was beschreven en afgebeeld en aan Clusius lang bekend was, eer hij in 1603 de bloemen zag. Nog later *(1661)* wordt de boom in A'dam vermeld.

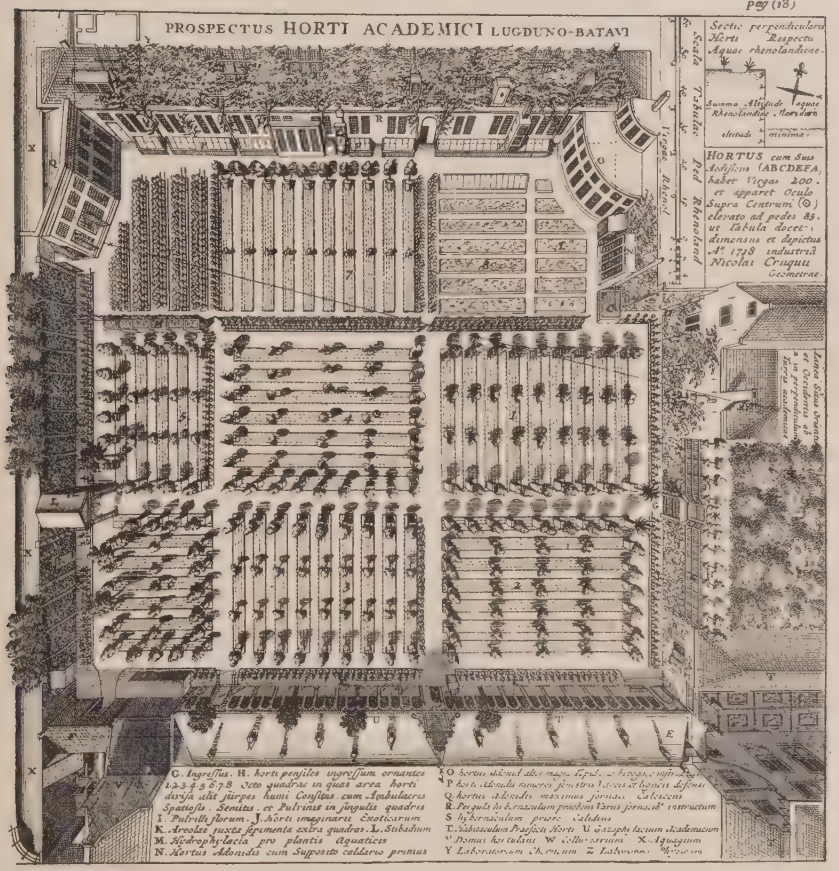
De aanwezigheid der oudste houtgewassen is 't best uit de *catologi der botanische tuinen* te volgen, uit *Kruydtboeken* als van Dodonaeus *(1e uitgave 1554)*, waarin de geheele flora behandeld is en uit *botanische werken* als van „Clusius „*Rar. plant. historia*" (Antwerpen 1601).

Minder betrouwbaar zijn de praktische hoveniersboeken, waarvan de beschrijvingen gewoonlijk gebrekkig zijn en de waarnemingen zeer beperkt. In de *Friesche Lustgaarde* van S. A. Gabbema, 1686, worden onder meer Amerikaansche

[1]) Zie pag. 66: Hortus Leiden.
[2]) In 1635 vermeld in de Cat. plant. Horti Acad. L. B.

planten slechts twee Amerikaansche winterharde houtgewassen genoemd, de *levensboom* („*Arbor Vitae*," *Thuja occidentalis*) en de *Sassafras*, naar hij erbij voegt „uit Florida". Ten tijde van Gabbema waren de kruidtuinen echter goed voorzien.

De Leidsche catalogus van Paul Hermann *(1687)* geeft



Plattegrond van den Leidschen Hortus (*regelmatige aanleg*) uit Boerhaave, Index Alter 1720.

van de voorloopers uit Amerika de *tulpenboom* („*Tulipifera Arbor Virginiana*"), de virginische jeneverbes[1]) *(J. virginiana)* en eene *kamperfoelie* (*Periclymenum perfol. virgin.*), alle drie

[1]) Zie noot 1 pag. 71.

met zeer goede afbeeldingen. De Juniperus was afkomstig van Bisschop Compton.

Ten tijde van Boerhaave is de collectie aanmerkelijk toegenomen. Zijn „*Index Alter*" uit 1720 vermeldt *kurkeik*, *(Q. suber)*, de groenblijvende *Quercus Ilex*, *Vitex*soorten en de *olijf*, alle uit Z.-Europa. De Amerikanen, die wij aantreffen, (nu b.v. drie Juniperussoorten) zijn uit Virginië.

Linnaeus in „*Epistolae ad A. Hallerum*" zegt, dat Boerhaave alleen om boomen geeft en meer om de variëteiten dan om de soorten. „*D. Boerhaavius* solas *arbores* amat, earumque varietaties magis quam distinctas species." Deze brief dateert uit 1737, Maj. I ex Horto Cliffortiano. De Index Alter geeft nog niet veel variëteiten van boomen, wel reeds van enkele struiken; *Buxus* b.v. telt er vijftien.

In zijn boek „*Hortus Cliffortianus*" noemt Linnaeus bij de beschrijving van een iep Boerhaave in verband met de collectie boomen, die deze bezit. Onduidelijk is, of met dit Arboretum de verzameling in den Hortus te Leiden bedoeld wordt, òf eene eigen verzameling van Boerhaave in Voorhout, waar deze woonde [1]).

Van de Amsterdamsche Hortus werd in *1697* door Commelin een mooi foliowerk uitgegeven met vele kopergravuren: „*Horti Med. Amstelodamensis*". We vinden hierin vermeld en afgebeeld de *Styraxboom* (*Liquidambar styraciflua*) uit Virginië, een *Carya?* soort, die door den Heer Beaumont te Amsterdam uit Amerika is ingevoerd, *Evonymus virginiana*, [2]) een geschenk van Bisschop Compton, evenals *Rhus virginiana* en *Cupressus virginiana* (Taxo-

---

[1]) Linnaeus „Hortus Cliffortianus" (1737) pag. 83: „Ulmus fructu membranaceo (= U camp. Sp. pl. 1753) α—γ varietites. Varietates longe plures (nog veel meer variëteiten) hujus speciei distinctas, cum arboribus omnibus (met alle mogelijke boomen), quae in solo libero vivere possunt, curiositate summa cura immensa, impensis vix intelligendis, non modo e tota Europa, sed facile toto orbe (uit de heele wereld) collectas, in *arboreto* isto incomparabili *prope* (bij!) Lugdunum Magni Boerhaavi, multoties cum oblectamento consideravimus." (heb ik dikwijls met genot bezichtigd).

[2]) De „Evonymus virginiana" was in 1683 reeds in de „Bot. Gardens" van Edinburg aanwezig. In 1691 bloeide de plant in A'dam. Bloem en vrucht zijn op de afbeelding duidelijk weergegeven en men herkent er gemakkelijk Physocarpus opulifol. Rafin. in, die tot dezelfde familie behoort (Rosaceae onderfam. Spiraeoïdeae) als Spiraea, 't geslacht, waartoe Linnaeus de „Evonymus virg." later bracht. De naam Physocarpus dateert uit 1836.

dium?), door Compton beschreven als de cypresseboom van Tradescant, enz.

Hoewel de meeste der genoemde Amerikanen over Engeland zijn verkregen, wijzen enkele aanwinsten er op, dat ook rechtstreeks door Hollanders werd ingevoerd. In hoofdzaak waren dit echter tropische en subtropische planten, zooals blijkt uit de verzamelingen op de *Hartekamp* bij *Haarlem* van den Heer Clifford. Linnaeus, die hier eenige jaren als botanicus werkzaam was, gaf van deze verzameling eene beschrijving in de reeds genoemde „*Hortus Cliffortianus*" (1737).

Over het voorkomen van winterharde boomen en heesters in die eeuw leeren wij meer uit het Nederlandsche werk over houtgewassen: *Pomologia en Dendrologia* van Johann Hermann Knoop, waarvan het eerste gedeelte in *1758* het tweede in *1763* verscheen.

Hij beschrijft vele uitheemsche houtgewassen hierin en geeft de synoniemen en de literatuurbron erbij. Wij vinden de „*Evonymus virginiana*" uit Commelin terug als synoniem van een „*Spiraea met watervliersblaaden*" en zien, dat Linnaeus hier dus gevolgd is. Knoop noemt de twee *judasboomen*, de Europeesche en de „Virginische" (*Cercis Siliquastrum en C. canadensis*), die beide in 1635 reeds in den Leidschen Catalogus vermeld zijn, verder twee *gagel*soorten, onze *Myrica Gale* en de Amerikaansche wasboom, *Myrica cerifera*, door Knoop „Carolijnsche besiendragende gagel" geheeten, enz.

Het werk van Knoop kwam uit, toen er vele nieuwe houtgewassen uit Amerika naar de Oude Wereld werden gezonden. Dat deze ook spoedig in Nederland ingang vonden, getuigt de inhoud van een Hollandsch boekje „*Korte Verhandeling van Boomen en Heesters*", dat in *1790* verscheen. De schrijver, wiens naam niet vermeld is, noemt o.m. Amerikaansche *Magnolia-*, *Platanus-*, *Tilia-*, *Acer-*, *Juglans-* en *Hydrangea*soorten. Een jaar te voren verscheen van *Meerburg* „*Plantae rariores*," waarin ook struiken afgebeeld zijn. o.a. *Jasminum officinale* L., doch belangrijker is de collectie uitheemsche houtgewassen, die afgebeeld is in „*Plantarum select. Icones pict.*" van denzelfden auteur (1798).

In geïllustreerde werken blijft Nederland niet achter bij

de naburige landen. Het werk van *J. C. Krauss* „*Afbeeldingen van Boomen en Heesters*" *(1802)* heeft zeldzaam mooie, gekleurde platen en geeft eene uitgebreide opsomming van wat er in ons land in „Engelsche tuinen" voorkomt. In een *oud tuinboekje* zonder jaartal, doch waarschijnlijk uit 't begin der 19e eeuw, daar het Krauss als niet compleet vermeldt, worden 12 soorten eiken genoemd voor onze tuinen. Er ontbreken er enkele, waarvan nu overal zware exemplaren voorkomen o.a. *Quercus pubescens*. Waarschijnlijk zijn toen in ons land goede collecties samengebracht, doch vermeld worden er geen en ondanks het groote aandeel, dat Nederland in den invoer van planten begon te nemen, vonden deze dikwijls nog beter afzet in den vreemde, dan in 't eigen land [1]). Vanaf 't einde der 18e en in 't begin der 19e eeuw kwamen de eerste Japansche houtgewassen in kultuur. Na Thunberg [2]) is von Siebold voor Nederland werkzaam geweest, die eerst als eene vennootschap eene import van Japansche planten te Leiden oprichtte (1844) en later dezen handel vrijwel op eigen kosten een tijdlang voortzette.

Daar de invoer met veel tegenspoed gepaard ging en in Holland weinig afzet vond, werd de zaak opgeheven zonder dat de Nederlandsche tuinbouw er voordeel uit had weten te halen. Omstreeks 1850—60 hebben enkele Nederlandsche firma's nieuwe planten ingevoerd, doch België en Engeland waren ons in dezen handel verre de baas. In den Leidschen Hortus staat uit von Siebold's tijd nog een *Juglans Sieboldiana*, de eerste, die in Europa geplant is.

Nadat de kweekers geleerd hadden, hoe men in 't buitenland zijn voordeel wist te doen met nieuwe planten, kwamen deze ook meer en meer in Nederland in kultuur en ging het zooals Lavallée [1]) van zijn land schreef: „Iedere flinke kweeker maakte eene verzameling voor zichzelf." Eene goed voorziene kweekerij was destijds tevens verzameling en als voorbeeld hoe uitgebreid de dendrologische kennis was, kunnen wij C. de Vos, boomkweeker te *Hazerswoude* noemen, die in *1885* een „*Handboek van Boomen, Heesters*

---

[1]) Zie „Onze tuinbouw en de invoer van nieuwe planten gedurende de laatste honderd jaren." B. A. Plemper van Balen in „de Tuinbouw" Oct. '13.)

[2]) Zie pag. 68.

en Coniferen" uitgaf, dat reeds drie jaren later een tweede druk beleefde. Slechts datgene, wat de schrijver uit onze kweekerijen en tuinen kende, is door hem opgenomen. Ons oordeel over de bruikbaarheid der genoemde houtgewassen mag zich sedert gewijzigd hebben, zoodat wij er vele zouden schrappen, toch komen er ook namen in voor van planten, waarvan het te betreuren valt, dat zij uit de kultuur verdwenen zijn.

In dien tijd ontstonden ook particuliere collecties als het *Pinetum* te *Schovenhorst* bij *Putten*, het *Pinetum te Zwollerkerspel*, verzamelingen loof- en naaldhout op *Villa Valkenburg te Oosterbeek* en *op Oranje-Nassau's Oord bij Renkum*, de laatste door Koning Willem III bijeengebracht en die, al naar de omstandigheden voor 't onderhoud gunstig waren, geheel of ten deele nog bestaan.

Wat er in de *botanische tuinen* overgebleven is van de boomcollecties, is door plaatsgebrek al zeer weinig.

Amsterdam bezit een Turksche hazelaar (*Corylus Colurna*), een bruine beuk (*Fagus silv. var. atropurp.*), een plataan (*Platanus acerifol.*), een paar *Pinus austriaca* en een *Ginkgo biloba*. Tegenwoordig worden er, zoover de ruimte het toelaat, nieuwe en zeldzame heesters gekweekt, die echter opgeruimd moeten worden éér ze half volwassen zijn.

In *Utrecht* staat eveneens een mooie, oude *Ginkgo biloba*, en *Groningen* is in het bezit van een oud ♂ exemplaar, dat op 80 à 100 jaar geschat wordt. In Groningen treft men verder een *Aesculus Hippocastanum* aan, die benevens een treurbeuk (*Fagus silvatica var. pendula*), een esch (*Fraxinus monophylla*) en een kurkeik (*Quercus suber*) tot de oudste houtgewassen van dien tuin gerekend mogen worden.

Leiden bezit een oude *Ginkgo biloba*, een tulpenboom (*Liriodendrum tulipifera*) [1]; een treur-moerascypres (*Taxodium distichum var. pend.*), een vleugelnoot (*Pterocarya caucasica*), de „kaki" (*Diospyros Lotus*), een varenbladige beuk (*Fagus silv. var. asplenifolia*), een Turksche hazelaar (*Corylus Colurna*) en nog meer interessante boomen.

Van den *kruidtuin* van 's Rijks Hoogere Burgerschool te *Middelburg*, den vroegeren tuin van de klinische school, gaf Dr. H. van Hall in 1871 eene systematische lijst uit.

[1]) Of dit nog de boom is, waarvan Paul Hermann spreekt? zie pag. 71, noot 3.

Onder de 1929 vermelde soorten, komen vele winterharde houtgewassen voor.

In enkele *plantsoenen* zijn zeldzame oude boomen te vinden, zooals in *Haarlem* (Hout en Plantsoenen), in *Maastricht* (in het kleine park aan de Maas) en in *Amsterdam*, terwijl *Rotterdam* 't goede plan heeft een flink park aan te laten leggen, waarin de boomen op naam zullen komen. Onder de nieuwere collecties [1]) moeten die van Dr. de Wever *te Nuth* (*L.*), van den Heer Blaauw *op „Gooilust"* te *'s Graveland* en van *'t Klooster te Aalbeek* (*L.*) genoemd worden, terwijl een systematisch ingedeeld *Arboretum* in *Poortbulten bij Oldenzaal* van den Heer H. J. H. Geldèrman in aanleg is.

Als *Rijksinrichting* bestaat er een *Arboretum* [2]), als onderdeel van de *R. H. L.- T.- & B.-b. School te Wageningen* [3]).

In *1896* werd dit opgericht en op een 1 H.A. groot terrein in landschapstijl aangelegd, met het doel in dit Arboretum alle in Nederland winterharde houtgewassen te demonstreeren, zoowel als leermiddel bij het onderwijs in Dendrologie en Systematiek aan de studenten van die inrichting, als voor iederen belangstellende.

In *1913* werd het terrein vergroot tot 1.75 H.A. en sedert is het aantal soorten en variëteiten opgeklommen tot ± 1200. Ook werd toen een kleine kweekerij ingericht, waar planten van andere botanische inrichtingen (o.a. van de Deutsche Dendr. Ges.) voorloopig gezet worden en waar de zeldzame voortgekweekt worden om in de soort te blijven. Aanvankelijk werden op 't Arboretum van iedere soort drie exemplaren gepoot, doch dit moest wegens plaatsgebrek opgegeven worden, al geschiedt het nog steeds bij kleine planten. De grootere planten (in 't bijzonder de boomen) moeten, zoodra zij eene zekere ontwikkeling bereikt hebben, opgeruimd worden.

Zeldzaam soortecht te krijgen exemplaren worden natuurlijk zoo lang mogelijk gespaard. Nog staan er een *Hippophaë rhamnoïdes*, een *Corylus Colurna*, enkele *Juglans*-,

[1]) Delft zal bij het Laboratorium in den cultuurtuin voor technische gewassen ook een gedeelte voor winterharde houtgewassen krijgen.

[2]) Zie plaat IV, fig. 2.

[3]) Zie Mededeelingen der R. H. L.- T.- & B. S. te Wageningen 1910, deel III: Het Arboretum der R. H. L.- T.- & B. S. te Wageningen door Dr. J. Valckenier Suringar. Eene gids van dit Arboretum zal binnenkort gedrukt worden.

Carya-, *Celtis*- en *Ulmus*soorten als groote exemplaren, doch deze ontwikkelen zich ten koste van tientallen kleinere. De indeeling der planten is systematisch, doch binnen sommige groote geslachten staan zij planten-geografisch gerangschikt. Een uitgebreid *Herbarium* van de houtgewassen der gematigde en tropische streken en, naast eene algemeene *Bibliotheek* der R. H. L.- T.- & B.S., eene *Handbibliotheek* [1]) op dendrologisch en algemeen botanisch gebied, staan dit Arboretum ten dienste. Onder de boeken vinden wij zoowel oude werken van *Plinius*, *Dodonaeus*, *Fuchs* en *Munting*, als flora's, waaronder de „*Flora brasiliensis*" van Martius (± compleet), Pierre's „*Flore de Cochinchine*," F. A. Michaux', „*Hist. des arbres forest. de l'Amér. sept.*," Ledebour's „*Flora rossica*" en de nieuwste dendrologische werken [2]): „*Essences forestières*" van Japan door Homi Shirasawa, E. H. Wilson's „*A naturalist in Western China*" enz.

In de Herbaria [3]) bevinden zich verscheidene authentieke exemplaren en veel materiaal is afkomstig uit 't vaderland der planten en uit botanische inrichtingen, waar de juistheid ervan kon worden nagegaan.

In de laatste jaren zijn van vroegere particuliere collecties weinige meer over gebleven (deze zijn bovendien onvolledig uit wetenschappelijk oogpunt), en van kweekerijverzamelingen is nog zeldzamer iets van beteekenis te vinden. Een enkele kweeker houdt de oude verzameling aan, uit liefde voor het vak, doch de grond wordt te duur om hiervoor veel plaats te kunnen nemen en de concurrentie is te scherp om niet met den tijd te moeten meegaan. Groote collecties verdwijnen om plaats te maken voor speciale culturen; tijd voor dendrologische studies hebben de meeste kweekers niet. Doch bij den grooten vooruitgang der dendrologie in het buitenland, zullen de eischen naar soortechte en goed benaamde planten steeds hooger gesteld worden. Dat het publiek, mits vakkundig voorgelicht, wel degelijk belang-

---

[1]) Ten deele door Dr. J. Valckenier Suringar, Docent in Dendrologie en Systematiek a/d R. H. L.- T.- & B. S. in bruikleen afgestaan.

[2]) Sargent's „Silva of North America" ontbreekt, daar de hooge prijs (f 1000) een aanschaffen tot heden onmogelijk maakte.

[3]) Ten deele in bruikleen afgestaan en verder bijeengebracht voor de school door Dr. J. Valckenier Suringar.

stelling heeft voor iets nieuws, bewijst het succes in het buitenland van de nieuwe Chineesche invoeringen uit den laatsten tijd.

Een vergelijking tusschen Nederland en het buitenland, ten opzichte van de inrichtingen op dendrologisch gebied en het vereenigingsleven van de vaklieden, doet duidelijk de onvolkomenheid van ons land zien.

Nu in de naburige landen voor de beoefening der dendrologie overal goede inrichtingen zijn gevestigd en ook in ons land de behoefte hieraan steeds grooter wordt, (o. a. ten dienste van boomkweeker en tuinarchitect) [1]) en in een tijd, waarin het een eisch begint te worden, dat het beste wat men op het gebied van kunsten en wetenschappen geven kan in 't bereik van het geheele volk zal zijn, is een *nationaal Arboretum* een onmisbaarheid.

Inrichting van een Arboretum.

De aanleg van een Arboretum kan in *regelmatigen* en *onregelmatigen* stijl geschieden of in eene vereeniging van deze beide. *Regelmatig* volgens de eischen van een bestaande tuinstijl of eenvoudig op de wijze, waarop eene kweekerij is ingericht.

Voor regelmatige stijl komt alleen de *moderne tuin* in aanmerking, waarin bij regelmatige lijnen, vrije groepeering van de beplanting mogelijk is. In de vroegere regelmatige tuinstijlen werd aan vrijgroeiende boomen weinig plaats toegekend en bovendien moest daar aan de vereischte onderdeelen (terrassen, waterwerken, bloemparterres, enz.) veel ruimte geofferd worden. [2])

De kweekerijvorm, hoe praktisch door de eenvoudige indeeling, zal door eentonigheid in aanleg en gemis aan groepeering de boomen niet voldoende tot hun recht laten komen. Men zou daarbij eene *alphabetische indeeling* kunnen kiezen

[1]) De tijden, dat de bouwk. architect tevens den tuin kon aanleggen zijn voorbij. Dit ging in den tijd van Lenôtre, toen de keus van planten zoo klein was, dat men voor kleureffecten zijn toevlucht moest nemen tot gekleurd zand, schelpen en steenen.

[2]) Een Arboretum in den Italiaanschen renaissancestijl, waarin vrij gegroepeerde boomen voorkwamen, zou wel mogelijk zijn, doch door de onderdeelen zeer kostbaar worden.

voor de geslachten, zooals door Loddiges toegepast is in zijn spiraalvorm, òf eene *systematische indeeling*, òf als derde geval eene indeeling *zonder eenig verband* in *vakken van ééne soort*, zooals dit geschiedt in het boschbouwkundig Arboretum te Groenendael. [1]) Dit zou in een botanisch Arboretum, waar vele soorten voorkomen en van iedere soort weinig exemplaren, verwarring geven.

In de beide eerste gevallen moet men bij den aanleg reeds rekenen op later erbijkomende planten; in het laatste geval komt iedere nieuwe soort achter de laatste.

Bij den *onregelmatigen stijl* (Engelsche landschapstijl) wordt een ideaal landschap voor oogen gehouden met gesloten bosch, boomgroepen, weiden en natuurlijke waterpartijen of op kleine terreinen althans gedeelten van zoo'n landschap. (Geen verkleind landschap!)

Wegen en beplanting zijn hier onregelmatig, doch een overgang naar regelmatige lijnen is zeer goed mogelijk. Hoofdzaak is het karakter van het landschap te behouden. In eene natuurlijke groepeering komen de water- en oeverplanten in en aan het water, de weideplanten in de wei, de struiken als onderhout en aan den boschrand met klimplanten er doorheen en bodembedekkende planten er onder. Het is uit *tuinarchitektonisch* oogpunt zeer wel mogelijk op deze wijze *eene bosch- of veengroep* te vormen, verrijkt met *bosch- en veenplanten* uit vreemde landen met gelijk klimaat, mits het alle typische planten zijn, die in eene dergelijke *samenleving* thuishooren. Over de toepassing hiervan in tuinen hebben Cam. Karl Schneider [2]) en Willy Lange [3]) geschreven, die in geval 't karakter van den tuin op deze wijze streng behouden wordt, van *biologischen tuin* spreken. Deze opvatting heeft in de uitvoering praktische bezwaren. Men kan eene veen- of duingroep alleen typisch houden op veen- of duingrond en dan zelfs nog zullen enkele planten de andere overgroeien, zoodra men een grooter aantal soorten bijeenbrengt, dan in de natuur op ééne plek voorkomen. Om typische groepen te demonstreeren moet men te werk gaan als in Zwitserland, waar voor de

---

[1]) Men heeft daar wel getracht de verwante soorten zoo dicht mogelijk bij elkaar te houden.

[2]) C. K. Schneider: Landschaftliche Gartengestaltung 1907.

[3]) W. Lange u. Otto Stahn: Gartengestaltung der Neuzeit 1906.

kalklievende en de kalkschuwe alpenplanten twee, aan die bodemeischen beantwoordende tuinen zijn aangelegd en zooals in den botanischen tuin te Buitenzorg, die een' bergtuin te Tjibodas bezit.

Eene andere opvatting van een biologischen tuin is om planten met *overeenkomstige biologische bijzonderheden*: klimplanten, xerophiele- en pharmaceutische planten, enz. bijeen te zetten, zooals dit o.a. geschiedt in de *biologisch-morfologische afdeelingen van den botanischen tuin te Dahlem—Steglitz bij Berlijn.* De Directeur van genoemden botanischen tuin, Dr. A. Engler, zegt naar aanleiding hiervan, dat aan een modern Arboretum andere eischen gesteld worden, dan alleen eene verzameling te zijn voor onderricht en wetenschappelijk onderzoek. „Evenals bij het openluchtmuseum willen wij de planten zien in hare ontwikkeling, hare taak en veranderlijkheid . . . . .”

In de eerste *biologisch-morfologische* afdeeling te *Dahlem* worden kompasplanten, altijd groene planten, bladmozaiëk, bladstand, enz. gedemonstreerd, in de tweede afdeeling afwijkende, niet zaadechte variaties in habitus en in het blad; bestuivingsinrichtingen; bewegingsverschijnselen (heliotropisme); enz.

Naast de *biologische indeeling* staan *de plantengeografische-* en de *systematische indeelingen.*

Bij de *plantengeografische indeeling* zijn de planten uit éénzelfde vaderland bijeengezet.

Het *Arboretum van Tervueren* is geheel op deze wijze ingericht. Prof. Bömmer heeft voor verschillende groepen indeelingen gevolgd van Sargent, Elwes, Sudworth e.a. Zoo leest men bijv. bij *Fraxinus pubescens*:

Vasteland van Amerika.
C. Bereik van den Atlantischen Oceaan.
Sectie VIII Alleghanys gebergte.
15. Staat Pennsylvanië 42^0—40^0 N.
Lage standplaats met vruchtbaren bodem.
a. zéér vochtige bodem.

Een dergelijk overzicht heeft ontegenzeggelijk, groote practische waarde en kunnen naast den botanicus, tuinarchitect en kweeker met de opgaven van de standplaats hun voordeel doen voor het samenstellen van groepen, het kweeken der planten enz.

Ook in *Dahlem* is een gedeelte van den tuin voor plantengeografische groepen ingericht. [1])

De *systematische indeeling* naar een *natuurlijk systeem* is voor de botanische studie de meest overzichtelijke, doordat alle plantengroepen naar hare *verwantschap* gerangschikt staan. Verscheidene groepen hebben ook dezelfde practische eischen gemeen, zooals het grootste deel der *Ericaceae*, *Hypericaceae* en *Tamaricaceae*.

Het is zeer goed mogelijk binnen deze systematische indeeling bij groote geslachten of families eene plantengeografische schikking te maken. Een voordeel daarvan is, dat men de typische verspreiding der soorten resp. geslachten kan nagaan. [2])

Het bezwaar van de zuiver plantengeografische indeeling, waarbij o.a. coniferen en loofboomen dooreen geplant zijn, om soorten uit eene botanisch-verwante groep op verschillende plaatsen van het terrein te moeten zoeken, bestaat bij eene systematische groepeering niet.

De *omvang* van een Arboretum is athankelijk van het doel, dat men ermee beoogt.

Een *boschbouwkundig Arboretum* behoeft geen volledig aantal soorten te bevatten, doch van de noodige soorten dikwijls groote complexen, terwijl het zuiver *botanische Arboretum* (het dendrologische) als taak heeft het *geheele systeem*, voor zoover mogelijk, te vertegenwoordigen. Hierbij is van iedere soort slechts een klein aantal exemplaren noodig. In Boston is men voor belangrijke planten van het getal 5 uitgegaan (tot vele toe), voor minder belangrijke van 1—2; in Dahlem zijn meestal 3 en in Wageningen aanvankelijk (2 -) 3 planten van iedere soort bijeen gezet en van belangrijke heesters flinke complexen langs den

---

[1]) Die pflanzengeograf. Gliederung Nordamerikas. Dr. A. Engler. Hierin zijn volledigheidshalve veel meer planten genoemd, dan in den aanleg voorkomen, o.a. ook de kruiden.

[2]) Het voorkomen b.v. van eene groep Magnolia's in O-Azië en Oost-Noord-Amerika, van een N.Amerikaansche en een Chineesche Taxodium, enz. wordt in verband gebracht met eene mogelijke zelfde stamflora, die in het tertiair in Spitsbergen en Groenland aanwezig was. Tevens moet men dan eene landverbinding aannemen van Azië en N.-Amerika. Bij den ijstijd trokken de planten langzamerhand zuidwaarts en werden bepaalde wegen daarbij gevolgd.

rand van den tuin als menggroepen. Deze moesten echter 't eerst opgeruimd worden door plaatsgebrek.

Indien het Arboretum voor het geheele volk open staat, moet in den aanleg ook daarmee rekening worden gehouden. 't Arnold-Arboretum [1]) is een deel van het Stadspark van Boston; de Kew Gardens [2]) staan 's zomers dagelijks voor ieder open en vanaf *1853 ook 's Zondags*. In een dergelijk Arboretum vindt men breede wandelwegen met rustpunten, (in Kew ook groote, bewandelbare „lawns") en zijn, naast de wetenschappelijke etiketteering, ook de volksnamen der planten gewenscht. Streng toezicht is natuurlijk noodzakelijk.

Als praktische eischen bij den aanleg van een Arboretum komen *grondgesteldheid*, *ligging*, *omgeving*, *grootte* en *inrichting* in aanmerking.

Eene vruchtbare, *vochthoudende zandgrond* zal in de meeste gevallen de voorkeur verdienen. Laaggelegen grond met hoogen waterstand is voor groote boomen ongeschikt, doordat diep wortelen er niet mogelijk is. *Wilgen*, *elzen*, enkele *coniferen* als *Taxodium*, *Chamaecyparis thuyoïdea* en enkele andere zijn hierop eene uitzondering, doch deze zijn verre in de minderheid. Geaccidenteerd terrein en aanwezigheid van natuurlijk water geeft gelegenheid een hooger en een vochtiger gedeelte aan te leggen; doch bij eene goede grondbewerking en de aanwezigheid van eene waterleiding over het geheele terrein is dit voor bijna alle boomsoorten geschikt te maken. Wij treffen onze meeste bosschen op 't hooge gedeelte van Nederland aan.

Bij voorkeur kiest men voor een Arboretum *eene beschutte ligging* (niet in de buurt van de zee, noch bij fabrieksteden [3]), in eene *boschrijke omgeving* en, indien er geen bosch op het terrein zelf meer voorkomt, moet er, behalve voor eene breede ommanteling, voor eene voorloopige tusschenbeplanting gezorgd worden. 't Voorbeeld van Gooilust te 's Graveland, waar *camellia's* in den open grond onze strengste winters doorstaan, doet 't voordeel van eene beschutte omgeving duidelijk zien. In Groenendael worden de bestanden dadelijk vol gepoot; bij gebrek aan planten van de

[1]) Zie plaat IV fig. 1.
[2]) Zie plaat I en II.
[3]) Kew ondervindt 't nadeel van de Londensche rook, waaronder vooral de coniferen lijden. In de Rotterdamsche Diergaarde wordt hetzelfde bezwaar ondervonden.

gewenschte soort worden inlandsche goed groeiende planten ter vervanging gebruikt.

Een openbaar Arboretum moet aan *goede verkeerswegen liggen*, liefst in *het midden van het land*.

Wat *het klimaat* betreft, (al is deze factor voor kleine landen minder belangrijk), is het voor acclimatisatieproeven, trouwens voor de beoordeeling van alle planten, beter wanneer geen te bevoorrechte ligging gekozen wordt, noch een ander uiterste. Het is gebleken, dat verschillende houtgewassen in Zuid Limburg en Zeeland bloeien en vruchtzetten, die dit in Gelderland alleen in gunstige jaren doen en in Groningen zelden of nooit. De eerste bloei loopt op die plaatsen sterk uiteen. Een dergelijk verschil bestaat zelfs tusschen het Oosten en het Westen van ons land.

Voor de *grootte* van een Arboretum kan een voorbeeld genomen worden aan de afmetingen, die buitenlandsche Arboreta met gelijke bestemming en overeenkomstig klimaat ervoor noodig blijken te hebben.

Dahlem b. Berlijn (een jong Arboretum) is *12 H.A.* groot, behalve de biologische- en plantengeografische groepen en is nu reeds veel te klein.

Tervueren (België), het plantengeografische Arboretum, telt *75 H.A.*; het *Kew Arboretum*, dat 80 H.A. groot is, omvat met de terreinen van Queen's Cottage *100 H.A.* Dit is een oud Arboretum, waarin reeds vele volwassen exemplaren voorkomen. Om alles te kunnen plaatsen is de aanleg reeds hier en daar opgeofferd en zijn de vista's bijna dichtgeplant. Hoewel er voor de vele nieuwe houtgewassen niet dan met moeite een goede plaats gevonden wordt, kan men toch 100 H.A. eene voldoende afmeting noemen om eene omvangrijke collectie te bevatten.

Het *Arnold Arboretum* heeft een omvang van *150 H.A.* en is zeer ruim aangelegd met 't oog op de toekomst.

Bij de *inrichting* van een Arboretum dient men van den aanvang af onder de oogen te zien, welke eischen leiding en onderhoud vragen.

De werkzaamheden zijn te verdeelen in: *wetenschappelijke*, *praktische* en (tot deze beide terug te voeren) *administratieve*.

Als onmisbare hulpmiddelen in een *Laboratorium voor Dendrologie* zijn naast het *levende materiaal* een *Herbarium*, een *Museum* met spiritusmateriaal, eene zaadcollectie, vruchten,

houtmonsters en foto's noodig, benevens eene *Bibliotheek*. Een *proeftuin* voor de ingevoerde exoten, voor ontvangen onzekere planten, voor zaaiproeven enz., benevens de *kweekerij* staan ten deele onder de practische leiding.

Indien het Arboretum zich belast met den *invoer* en de *verspreiding* van nieuwe planten, dan zal eene afdeeling ingericht moeten worden voor *zaadcontrôle* (Arb. Nat. des Barres), tenzij eene bestaande inrichting die taak overneemt.

De *boekhouding der planten* (herkomst, ouderdom, bijzonderheden omtrent soortechtheid, uiterlijk, etc.) en hare *etiketteering* zijn werkzaamheden, waaraan niet genoeg zorg besteed kan worden [1]).

De noodzakelijk kostbare inrichting maakt, dat een *Arboretum* alleen dàn kans van slagen heeft, wanneer het eene *Rijksinrichting* is.

Hetzij dat dit Arboretum met een *algemeen botanisch doel* wordt opgericht of met eene *boschbouwkundige* afdeeling ernaast, het zal zeker in het voordeel van beide zijn, wanneer dit Arboretum verbonden wordt aan eene *inrichting voor Hooger Onderwijs* (Dahlem, Tharandt, Boston).

De *grootte* van het *boschbouwkundig* gedeelte hangt af van het aantal complexen (Groenendael in België is 12 H.A.; het Arboretum Nat. des Barres in Frankr., dat *zoowel algemeen dendrologisch als boschbouwk. Arboretum is*, beslaat *67 H.A.)*

De *grootte* van een *botanisch Arboretum* moet minstens *50 H.A.* bedragen, doch beter *is 75 à 80 H.A.* (Tervueren, Kew.)

Als *aanleg* is de *landschapstijl* (of deze vereenigd met de moderne regelmatige stijl met vrije groepeering) de

---

[1]) „De boekhouding der planten van een botanischen tuin" door Prof. J. W. Moll, geeft een der te volgen methodes.

De benaming volgens de Index Kewensis, die door Prof. Moll, wordt aanbevolen, heeft groote bezwaren in de toepassing. Zij verschilt dikwijls met de op 't vasteland in gebruik zijnde namen en geeft geen synoniemen. Doch hoofdzaak is, dat de I. K. uit den aard der zaak geen rekening houdt met veranderde opvattingen omtrent de plaats der planten in het systeem, welke opvattingen voor een goed deel in den naam tot uitdrukking komen.

In Herbaria kan de benaming volgens de I. K. nuttig zijn als eene soort kunstmatige en constante benaming.

(Aan de opgaven van buitenlandsch materiaal op pag. 24 en 25 van Prof. Moll's geschrift zou ik willen toevoegen, dat er in Wageningen Hollandsch papier en meer Hollandsch materiaal gebruikt wordt, dat goed voldoet.)

meest praktische, zoowel bij eene systematische, plantengeografische als biologische indeeling.

Als *indeeling* verdient mijns inziens *de systematische* de voorkeur, waarbij binnen de groote groepen de geslachten en soorten *plantengeografisch* geschikt worden.

Hiernaast *afzonderlijke biologische afdeelingen* [1]), een *proeftuin* en eene *kweekerij* met *kweekkas*, en een *kas voor subtropische planten* (die ter aanvulling van het systeem noodzakelijk zijn) en, indien onderricht in tropische boomflora aan de verbonden inrichting gegeven wordt, ook een *kas voor tropische planten.*

Van iedere *soort* of *variëteit* moeten ten minste *drie* exemplaren in het arboretum worden geplant en van belangrijke soorten zijn groote complexen gewenscht, die als vulheesters of als demonstratiemateriaal in een daarvoor afzonderlijk te bestemmen gedeelte in *zuivere- en in gemengde groepen* worden gezet.

Naast een goed ingericht *Laboratium voor Dendrologie* is een zoo uitgebreid mogelijk *Herbarium* en eene *Bibliotheek* noodig, benevens een *Museum* met studie- en demonstratiemateriaal.

Het spreekt verder van zelf, dat goede wetenschappelijke krachten en goed opgeleid werkliedenpersoneel aan de inrichting verbonden moeten worden.

De geschiedenis heeft ons geleerd, dat van de bestaande Arboreta slechts de *Rijksinstellingen* en degene, die *Rijksinstelling* werden, van blijvende beteekenis zijn. [2])

Een goed Arboretum is het werk van meer dan één generatie en alleen wanneer de finantieele toekomst ervan verzekerd is, zal een wetenschappelijk ingericht, Nationaal Arboretum van blijvende waarde kunnen zijn.

---

[1]) Zie Dahlem pag. 78 en pag. 93.

[2]) Millioenenschenkingen als aan 't Arnold Arboretum, dat voortdurend met reusachtige giften verrijkt wordt, buiten beschouwing gelaten. Voor 't Arnold Arboretum is een bestaanstijd van 1000 jaren verzekerd.

Wageningen, Juni 1917.

INHOUD

Amerika 65, 82.
Amsterdam (Hortus) 86, 89.
Arbor Day 62 noot 1.
Arboretum nat. d. Barres 71.
Arnold Arboretum 82, 96, 97.
Azië 62.
Babyloniers 62.
België 81.
Biologische tuin 78, 93.
Dahlem 78, 94, 95, 97.
Duitschland 75.
Egypte 61, 62.
Engeland 71.
Frankrijk 66, 68, 69.
Germanen 64.
Grieken 63.
Groenendael 81, 93.
Groningen (Hortus) 89.
Grootte 95, 97, 98.
Inrichting 92—99.
Invoer 68, 88.
Japan 80.
Joden 63.
Kelten 64.
Kew Gardens 74, 96, 97.
Kruidtuinen 65, 89.
Leiden 66, 71, 84, 88, 89.
Libanonceders 64, 73.
Linnaeus 67, 86, 87.
Lykeion 63.
Meden 62.
Natuurbosschen 64.
Nederland 66, 84.
Oostenrijk 75, 79.
Padua 65.
Pelasgen 64.
Perzen 62.
Plantengeografische indeeling 78, 94.
Portugal 67, noot 1.
Romeinen 64.
Rusland 80.
Systematische indeeling 95, 99.
Tervueren 82, 94, 97.
Tuinstijl 92, 98.
Tulpenboom 71.
Upsala 67.
Utrecht (Hortus) 89.
Wageningen (Arboretum) 90, 95.
Zwitserland 80.

ERRATA

Bladz. 66, 1e regel v. o. staat pag. 75, lees: pag. 76.

Plattegrond van de „Kew Gardens".

Fig. 1. Het Pinetum van de „Kew Gardens".

Fig. 2. Rhododendrum groepen in het Arboretum der „Kew Gardens".

Fig. 1. Plattegrond van den botanischen tuin te Dahlem b. Berlijn met het Arboretum.

Fig. 2. Zuid-Russische Steppe als voorgrond van een Pontisch bosch te Dahlem. Uit: Der Kön. Bot. Gart. u. d. Kön. Bot. Mus. Dahlem uitg. v. h. Minist. 1909.

Fig. 1. Arnold Arboretum te Boston. Bloeiende Kalmia's langs den parkweg.

Fig. 2. Arboretum der R. H. L.- T.- & B.-School te Wageningen.

REFERATEN.

Autoreferaat van: Leiddraad tot het vormen en ontleden, schrijven en uitspreken van wetenschappelijke (in 't bijzonder botanisch phanerogame), Geslachts- en Soortnamen, door Dr. J. Valckenier Suringar, uitgegeven door H. Veenman, Wageningen.

Deze *leiddraad* verscheen in 1917 (al staat er 1916 op); hij is in de eerste plaats bestemd voor *studenten* en *botanici,* maar kan voor *iedere ontwikkelde persoon* dienen om op de hoogte te komen van den opbouw van wetenschappelijke benamingen, die meest alle aan het grieksch en het latijn ontleend zijn.

In de *inleiding* worden *voorbeelden* gegeven hoe men met het boekje werken kan, in de eerste plaats om wetenschappelijke namen te *ontleden* en hunne beteekenis te vinden, hunne juiste schrijfwijze en uitspraak na te gaan, in de tweede plaats om wetenschappelijke namen te *vormen.*

Hierop volgt het *grieksche alfabet* (van *alpha* tot *omega*) met uitspraak en gelatiniseerde vormen.

In Hoofdstuk I wordt de *uitspraak* behandeld, in Hoofdstuk II de *klemtoon;* daar blijkt b.v. dat men uitspreken moet *Erica* en *Viola,* dus anders dan men gemeenlijk doet; dat naast *aureus gigantéus* de juiste uitspraak is.

Hoofdstuk II geeft een *verkorte Grieksche* en *Latijnsche grammatica,* niet meer dan noodig voor het doel is.

Evengoed als botanische en wetenschappelijke namen kan men er uitdrukkingen door leeren verstaan als *mens sana in corpore sano, Elixer longae vitae, lapsus linguae, rara avis, aere perennius, ad rem, laxans* enz., enz.

Wij leeren er terloops uit hoe ook de latijnsche en grieksche taal hunne ontwikkeling gehad hebben; hoe ware het anders mogelijk dat b.v. *senex* (grijsaard) in samenstellingen *sen* wordt (b.v. in seniel), *pes* (voet): *ped* (b.v. in pedaal), bos (rund): bov. (b.v. in Boviste), *caro* (vleesch): *carn* (b.v. in carnivoor), *μυς* (muis): *μυ* (b.v. in myoop; oop van *ὠψ* = gezicht), *πους* (voet): *ποδ* (b.v. in Podogra).

Een muziekliefhebber of een boekverkooper vindt in no. 30 de Latijnsche telwoorden waaraan de bekende uitdrukkingen *duet* (van duo = 2), *septet* (van septem = 7), *bis* en *ter* ontleend zijn. Bij de grieksche telwoorden kan men de oorspronkelijke beteekenis van *Dekaan* (hoofd eener faculteit) vinden (*δεκα* = 10) en leert men de afkomst van *monoloog* en *triloog* (*μονος* = enkel, *τρεις* = 3).

Hoofdstuk III geeft een verkorte woordvorming; voor dames is het misschien interessant te weten dat hunne *reticule* een netje beteekent (*rete* = net, *culus* verkleinende uitgang); maar dat *ridicule* geheel anders moet ingelegd worden (*ridēre* = lachen, *culus* een uitgang die een toestand weergeeft, door het werkwoord aangegeven).

Een *index* achter dit hoofdstuk voor het latijn en voor het grieksch maakt het ontleden van vele woorden gemakkelijk.

Hoofdstuk IV eindelijk geeft een overzicht van het vormen van *samenstellingen uit 2 of meer woorden.* Het blijkt hier dat de woorden niet eenvoudig worden aaneengevoegd, maar dat de stam er voor gebruikt wordt, waarbij nog verschillende regels te pas komen. Nu en dan is een *verbindingsvokaal* noodig; die is bij Latijnsche samenstellingen gewoonlijk een *i*, bij grieksche een *o*, zoodat men in de meeste gevallen reeds daardoor aan samengestelde woorden kan zien of zij uit het latijn of uit het grieksch zijn gevormd: b.v. ge*o*loog, ped*i*cuur.

Een index besluit ook dit hoofdstuk.

J. Valckenier Suringar.

UIT HET INSTITUUT VOOR PHYTOPATHOLOGIE.

Autoreferaat van eene verhandeling in het „Tijdschrift over Plantenziekten", xxiiste jaargang, blz. 167, getiteld: „Het stengelaaltje als tabaksvijand".

Nadat reeds in 1916 aan het Instituut voor Phytopathologie bij tabak uit Deest (Land van Maas en Waal) aantasting door *Tylenchus devastatrix* Kühn, het *stengelaaltje,* was geconstateerd, bleek het in 1917 den schrijver bij een, naar aanleiding van een tweede zending aan aaltjesziekte lijdende tabaksplanten, ter plaatse ingesteld onderzoek, dat deze ziekte in die gemeente aanmerkelijke schade teweeg brengt. De aangetaste planten hadden vlak boven den grond een zeer zieke plek; vlak boven den wortelhals was de bast geheel weggerot, terwijl verder naar boven de bast donkerbruin was en in vochtig rottenden toestand verkeerde; nog hooger op was de stam groen en stevig, doch vertoonde een groot aantal kleinere en grootere knobbels. Zoowel in die knobbels, als in het rottende deel bevonden zich zeer vele stengelaaltjes in alle ontwikkelingstoestanden. De aangetaste planten waren niet bij machte nog behoorlijke uitloopers, z.g. „dieven", te vormen; deze bleven zeer klein en waren sterk gehypertrophieerd en misvormd, terwijl de bladeren er aan zeer klein en smal waren gebleven, dikwijls zelfs bijna laneetvormig waren. De eenigszins normale bladeren, die hier en daar aan de zieke dieven aanwezig waren, bleken ook aangetast; in iets opgezwollen, geelgroene plekken werden de aaltjes aangetroffen. Zulke plekjes waren ook opgemerkt bij de bladeren aan den stam der zieke planten;

bovendien waren deze veel te vroeg geel geworden, zoodat zij geplukt moesten worden, voordat zij behoorlijk waren uitgerijpt. Bij het drogen traden wankleurige vlekken op: waarschijnlijk waren dit de door aaltjes bewoonde plekken. Verder was opgemerkt, dat de bladstelen uiterst los van weefsel waren geweest; bij het splijten om er de stokken voor het drogen door te steken, was er a. h. w. meel uitgekomen. Zooals bleek uit onderzoek van enkele dezer bladeren, die nog in de droogschuren konden worden gevonden, bestond het inwendige van den bladsteel uit een korrelige, losse massa, bestaande uit gehypertrophiëerde cellen, welker wanden slechts in zeer los verband aan elkaar sloten. Daartusschenwaren honderden aaltjes, soms in kluwens bijeen, te vinden. — Op een tweetal platen zijn zieke planten en dieven afgebeeld; de beschreven verschijnselen zijn daarop zeer duidelijk te zien.

De schade bestaat vooreerst in het niet tot ontwikkeling komen der vooral in dezen tijd waardevolle dieven; verder breken de zieke planten op de rotte plek boven den wortelhals gemakkelijk af, zoodat bij eenigszins krachtigen wind vele planten verloren gaan, nog voordat de bladeren geoogst zijn; ten derde zijn de bladeren wegens de boven beschreven verschijnselen minderwaardig, waarbij nog komt, dat zij slecht willen drogen en gemakkelijk in rotting overgaan.

De ziekte was volgens sommige telers reeds lang te Deest bekend; of zij zich langzamerhand sterk heeft uitgebreid, dan wel of eerst in de laatste jaren het aaltje zich op groote schaal aan de tabak heeft aangepast, is niet uit te maken; zeker is, dat sommige perceelen zoo ernstig besmet zijn, dat de tabakscultuur daarop niet meer met vrucht kan gedreven worden; vlak daarnaast treft men echter perceelen aan, waar nog geen spoor van de ziekte is te vinden.

Ter bestrijding van deze ernstige kwaal is vooral doelmatige vruchtwisseling aan te raden, waartoe men evenwel juist bij de tabakscultuur niet gaarne overgaat. Of het nu mogelijk zal zijn, op de besmette gronden toch nog met voordeel tabak te verbouwen, is alleen door proefnemingen met eenige methoden ter bestrijding uit te maken.

Men heeft de gewoonte, de afgeoogste tabaksstronken tot het volgend voorjaar op het land te laten staan en ze dan als brandstof te gebruiken; hierdoor krijgen vrijwel alle aaltjes, die in de planten huizen, de gelegenheid deze te verlaten en in den grond te trekken. Dit moet dus in de allereerste plaats voorkomen worden door de stronken direct na den pluk uit te trekken en te verbranden of op andere wijze onschadelijk te maken. In aansluiting met dezen maatregel moet men zich er voor wachten, in den zomer aangetaste bladeren en dieven tusschen de planten op den grond te werpen. Waar mogelijk, zal diep onderbrengen van den ondergrond ook goed kunnen werken, terwijl misschien door het geven van een sterke kalibemesting verbetering kan worden gekregen. Ook aanhoogen van de zieke planten zal wellicht er toe kunnen bijdragen, dat er nog iets van terecht komt; daardoor toch stelt men de planten in de gelegenheid, boven de zieke plek nieuwe wortels te vormen, waarvan eene betere ontwikkeling der dieven het gevolg kan zijn.

Of het mogelijk zal wezen de aaltjes in den bodem te dooden door behandeling van den grond met kalk en zwavelzure ammoniak, waarbij het vrijkomend ammoniakgas de aaltjes zal moeten dooden, zal eveneens door proeven dienen te worden onderzocht; vroeger is met dit middel soms een zeer goed-, soms zoo goed als geen resultaat verkregen.

Dat het verder van het hoogste belang is voor eigenaars van nog onbesmette perceelen, om de besmetting op alle mogelijke wijze te voorkomen, behoeft wel geen betoog; daarvoor moeten zij er voor zorgen, dat geen aarde van besmette terreinen op de hunne wordt overgebracht, hetgeen met aan gereedschappen, schoenen, kruiwagenwielen, enz. hangende kluitjes gemakkelijk kan geschieden; verder dienen zij nimmer planten te betrekken van lieden, bij wie de ziekte voorkomt.

T. A. C. Schoevers.

ERFELIJKHEID EN CULTUUR [1])

(IK BEN, IK LEEF, IK DENK)

DOOR

Dr. OTTO PITSCH

LEERAAR AAN DE RIJKS HOOGERE LAND-, TUIN- EN BOSCHBOUWSCHOOL

VOORWOORD

De wetenschap, welke de wetten van de erfelijkheid wil ontsluieren, staat midden in het leven, want zij wil te weten komen, waardoor de levensverschijnselen van het organisme worden beheerscht. Wel is het haar in de eerste plaats te doen om de erfelijkheidsverschijnselen van het stoffelijke organisme, maar het onderzoek gaat uit van den menschelijken geest. Zoo wordt het verklaarbaar, dat deze de neiging gevoelt, om de grens van de natuurwetenschap te overschrijden en het verband op te sporen, dat er bestaat tusschen de verschijnselen van de stoffelijke wereld en die van den geest.

Dit doende stuit hij op de oorspronkelijkheid van het denken, welk laatste de natuuronderzoeker tracht op te diepen uit de verschijnselen van de waarneembare wereld. De laatste mag hij onderzoeken en de mannen van de wetenschap in haren geheelen omvang behoeven zich niet te beperken tot de stoffelijke wereld, maar zij mogen hun onderzoek ook uitstrekken tot de verschijnselen van de wereld der gedachte.

Dit onderzoek zal leeren, dat de oorspronkelijkheid van het denken den mensch dwingt, om zich met zijne zintuigen te werpen op het onderzoek van de waarneembare wereld, om daardoor te bewijzen, dat deze is de openbaring van de oorspronkelijke, dat is van de goddelijke, gedachte.

---

[1]) Het hier te behandelen onderwerp is in zekeren zin eene voortzetting en aanvulling van „De strijd om het bestaan in het proces der evolutie van de levende organismen", als overdruk uitgegeven door H. Veenman, te Wageningen.

De cultuur als het product van den arbeid van den menschelijken geest, en de erfelijkheid als een natuurverschijnsel vormen eene tegenstelling. Dergelijke tegenstellingen, welke als onvereenigbare onderscheidenheden door het verstand worden vastgehouden, moeten door de rede worden opgeheven, tot eenheid worden gebracht.

Wij komen hiermede op het gebied van de philosophie in engeren zin, waarvoor de onsterfelijke woorden van Descartes „cogito ergo sum", denkende ben ik, (waaraan ik toevoeg „ik leef") de grondzuil vormen. Immers de rede openbaart ons het wezen van den mensch en daarmede tevens de betrekking, welke er bestaat tusschen den mensch en de wereld buiten hem, tusschen God en den mensch en tusschen de menschen onderling.

De tegenstelling erfelijkheid en cultuur bevat immers in zich de ruimere tegenstelling tusschen de natuurwetenschap en de wijsbegeerte.

Indien ik, met mijne geringe kennis van de wijsbegeerte als wetenschap, mij verstout, over het hier gekozen onderwerp met zijn onuitputtelijken inhoud iets in het midden te brengen, dan geschiedt dit, omdat het tot titel gekozen onderwerp meer naar voren is gebracht, nu in onzen boven alle beschrijving kritieken tijd, alles, wat vóór den oorlog de menschen tot eenen buitengewoon vruchtbaren wedijver verbond, om wetenschap en kunst, landbouw, industrie en handel tot eene ongekende hoogte van ontwikkeling te brengen, en daarom den inhoud van het leven der menschen rijker te maken, in het tegendeel is omgeslagen.

IK BEN.

Ieder eenigszins tot geestelijke ontwikkeling gekomen mensch zal met onmiddellijke gewisheid van zich zelf zeggen „ik ben".

De klemtoon is hier zoowel te leggen op *onmiddellijk* als op *gewisheid*. Immers in het oordeel „ik ben" ligt voor het ik de gewisheid en wel onmiddellijk van het *zijn* van het ik als iets — en daarmede van elk ding als iets. Voor den tot zekere hoogte ontwikkelden mensch is dit ik als iets de Twee-eenheid van lichaam en ziel. Deze twee-eenheid is de mensch echter slechts zoolang hij leeft. Met de intrede van den dood zijn lichaam en ziel van elkaar gescheiden

en er zijn menschen, welke aannemen, dat de dood van het lichaam ook die van de ziel is, terwijl de christen gelooft, dat met den dood de ziel hare vrijheid herneemt.

In verband met ons onderwerp is over het lichaam en de ziel van den mensch hier kort het volgende te zeggen.

Het menschelijk lichaam.

Als stoffelijk wezen behoort de mensch tot de organismen, welke laatste onder groote en afdalend, onder kleinere en ten slotte onder de kleinste groepen worden ondergebracht. De kleinste groep van de organismen zullen wij *ras* noemen, welk woord ook door dat van enkelvoudige soort kan vervangen worden.

De tot zulk een ras — waarvan wij hier veronderstellen, dat het constant is — behoorende individuen bezitten alle dezelfde erfelijke eigenschappen. Elk individu van dit ras brengt dus geheel dezelfde eigenschappen tot ontwikkeling, waarbij komt, dat bij zelfbevruchting der individuen alle nakomelingen van de tot het ras behoorende individuen in de opvolgende generatie's volkomen op hunne ouders gelijken, waaruit volgt, dat ook alle nakomelingen met betrekking tot hunne eigenschappen gelijk zijn. Echter is op te merken, dat deze gelijkheid slechts betrekking heeft op de eigenschappen als zoodanig en *niet* op de mate van hunne ontwikkeling, zoodat *elke* eigenschap bij de verschillende individuen haast altijd verschilt in quantiteit bijv. in de lengte van de individuen, of in graad, bijv. in de meerdere of mindere intensiteit van eene bepaalde kleur, — welke verschillen modificaties worden genoemd. Elk organisme, tot welke van het groot aantal verschillende groepen het ook moge behooren, hetzij het eenige uren, tientallen of honderdtallen van jaren leeft, doorloopt een bepaald ontwikkelingsproces. Het begin van dit proces kunnen wij, ook met gebruikmaking van de sterkste vergrooting, eerst waarnemen als eene cel: een klompje protoplasma, dat een kern bevat. De kiemcel, zooals deze genoemd wordt, is de potentialiteit, om zich tot het geheele organisme, hoe gecompliceerd dit ook moge zijn, te ontwikkelen.

Bestaan de individuen van het ras slechts uit ééne cel, dan deelt deze zich op een bepaald tijdstip van haar leven in twee of meerdere dochtercellen en wordt daarbij de

potentialiteit, een in eigenschappen gelijk organisme als de moedercel tot ontwikkeling te brengen, op elke dochtercel overgedragen. Ditzelfde geldt van de tweede, derde en verdere generatie's van dochtercellen. Elke dezer cellen is dus op zich zelf een levend organisme.

Komt uit eene kiemcel eene plant of dier met een meer gecompliceerden bouw voort, dan komt de ontwikkeling daarvan inzoover met de even genoemde vermeerdering van cellen overeen, als ook hier de kiemcel dochtercellen vormt, deze dochtercellen eene tweede generatie enz. Echter blijven deze cellen dan bij elkaar en vormen als een geheel het organisme. Haast het geheele aantal van de zoo gevormde cellen ondergaat dan echter in het zich ontwikkelende organisme *differentiaties;* de cellen verkrijgen andere vormen, andere afmetingen, dikkere wanden, anders gebouwde wanden, een anderen inhoud of deze verdwijnt geheel. Zoodoende ontstaan er bepaalde groepen van cellen, als opperhuid, vaatbundels enz. welke voor bepaalde doeleinden dienen.

Bij den mensch evenals bij de hoogere dieren vormen cellengroepen niet alleen bepaalde weefsels zooals beenweefsel, bindweefsel, spierweefsel enz., maar daaruit ontstaan ook afzonderlijke eenheden, de organen. Hierdoor komt eene sterke arbeidsverdeeling tot stand, waardoor verschillende samenwerkende groepen van cellen bepaalde functie's verrichten als spijsvertering, ademhaling, bloedsomloop, het steun geven aan alle weeke deelen door het beenderenstelsel enz., maar toch zoo, dat zij allen samenwerken, om het organisme in zijn geheel als eene grootere eenheid tot volle ontwikkeling te brengen. Is deze ten slotte bereikt, dan mag dit den dood te gemoet gaan, want elk individu heeft een eindig bestaan.

In elk tot volle ontwikkeling komend organisme blijft een kleiner of grooter aantal cellen het karakter van de kiemcel behouden.

Bij hoogere organismen, welke ongeslachtelijk kunnen vermeerderen, is het getal daarvan soms zeer groot, maar ook bij geslachtelijke vermeerdering is deze soort cellen bij de individuen als regel altijd voorhanden.

Iedere zoodanige cel heeft dus in zich de potentialiteit, een individu voort te brengen, dat bij een constant ras

bij zelfbevruchting geheel en al dezelfde eigenschappen bezit als de overige daartoe behoorende individuen, en dit geschiedt feitelijk, indien de omstandigheden daarvoor voorhanden zijn. Tot deze omstandigheden behoort bij de geslachtelijke vermeerdering de bevruchting, dus de samenwerking van vrouwelijke en mannelijke geslachtscellen. De geslachtelijke vermeerdering is echter daarom van zoo groote beteekenis, omdat gebleken is, dat als gevolg daarvan een of meerdere eigenschappen van een bepaald organisme in een ander organisme kunnen overgaan, zoodat individuen kunnen ontstaan, welke van de beide ouderplanten in eigenschappen verschillen. Indien dit feitelijk geschiedt, heeft er een kruising plaats gehad.

Zulke kruisingen komen tot stand, indien tusschen twee individuen, welke tot *verschillende* rassen behooren, bevruchting plaats grijpt. Gesteld, er komt eene bevruchting tot stand tusschen individuen, tot het Geldersche tarweras en tot de Squareheadtarwe behoorend, dan kunnen niet alleen, maar zullen als gevolg van deze kruising onder de tarweplanten van de elkaar opvolgende generatie's, welke uit de door kruising verkregen vruchten voortkomen, individuen voorkomen, welke noch tot de Geldersche noch tot de Squareheadtarwe behooren. Vererft dan het een of ander dezer laatste individuen zijne eigenschappen constant op zijne nakomelingen, dan is een nieuw ras ontstaan. Zulke nieuwe rassen, waarvan er gewoonlijk meerdere uit eene kruising ontstaan, kunnen zich door vermeerdering zoodanig uitbreiden, dat de ouderrassen geheel worden onderdrukt; zij kunnen omgekeerd door de ouderrassen geheel worden overvleugeld, zoodat zij te gronde gaan. Mogelijk is ook, dat nieuw ontstane organismen onder de gegeven omstandigheden in 't geheel niet levensvatbaar zijn, of ten slotte, en dit is gewoonlijk het geval, dat oude en nieuwe rassen zich handhaven en daarvan een gemengd bestand het gevolg is.

Het feit, dat een enkel ras, hoewel het aantal individuen daarvan in den loop der tijden groot genoeg zou kunnen worden, niet de geheele oppervlakte van de aarde innemen kan, ligt in het verschil van de omstandigheden, waaronder de organismen moeten groeien. In overeenstemming hiermede blijkt dan ook, dat er een ontelbaar aantal

rassen is, welke in erfelijke eigenschappen verschillen.

Het gevolg hiervan is, dat de aarde ons een zoo overweldigenden rijkdom van vormen en kleuren in de organismenwereld doet aanschouwen, dat de bewondering daarvan de meeste menschen zoodanig vervult, dat zij zich met het genieten van deze wonderwereld tevreden stellen. Maar de bewondering is de moeder van het weten en zoo dringt zich aan den mensch de vraag op, hoe dit groote aantal rassen is ontstaan.

De overdenking van de erfelijkheidsverschijnselen heeft tot de veronderstelling geleid, dat de kiemcel niet alleen de potentialiteit bezit, een bepaald organisme tot ontwikkeling te brengen, maar dat in haar voor *elke* eigenschap van het organisme eene potentialiteit gedacht moet worden. Het is gebruikelijk geworden voor dit woord dat van aanleg, factor of gen te gebruiken, welk laatste Grieksch woord niets anders beteekent, dan dat uit iets, ons onbekends en onwaarneembaars zich eene eigenschap ontwikkelt.

Het organisme ontwikkelt zich dus door de *samenwerking* van alle aan de afzonderlijke eigenschappen ten grondslag liggende genen. Want hoewel elke eigenschap afhankelijk is van het voorhanden zijn van ten minste een bepaald soort gen, heeft tevens de ontwikkeling van iedere eigenschap het organisme als voorwaarde. Verder is de samenwerking van meerdere genen niet steeds beperkt tot het geheele organisme, maar zulk eene samenwerking wordt dikwijls ook vereischt voor het tot stand komen van een enkele eigenschap. Soms moeten twee, soms een groot aantal genen samenwerken om eene bepaalde eigenschap te doen ontstaan bijv. eene bepaalde kleur, de lengte van een bepaald orgaan enz. Waarbij nog valt op te merken, dat, wanneer bijv. tien verschillende soorten van genen eene bepaalde schakeering van de roode kleur geven, negen van deze misschien eene zwakkere schakeering daarvan, of eene geheel andere kleur, acht wederom eene andere kleur kunnen geven, of dat het ontbreken van een der vele genen tengevolge heeft, dat in 't geheel geene kleur ontstaat. Het kan ook voorkomen, dat de vermeerdering of vermindering van het aantal genen met een of twee, een waarneembaar verschil in de betreffende eigenschap niet geeft, terwijl dan echter bij de nakomelingen blijkt, dat hier

meer dan een gen aan de eigenschap ten grondslag lag. Elk gen blijkt dan ook, zooals men zegt eene *erfeenheid* te zijn.

De uit de bestudeering van de erfelijkheidsverschijnselen afgeleide hypothese stelt ons niet alleen in staat, ons van het ontstaan van nieuwe rassen een denkbeeld te vormen, maar ook om vast te stellen, welk aantal nieuwe rassen uit de kruising van twee verschillende rassen ten hoogste kan voortkomen, indien in overeenstemming met de erfelijkheidsverschijnselen de hypothese op de volgende wijze wordt aangevuld.

Zoowel de kiemcel als alle daaruit door voortgaande deeling voortkomende cellen, welke de constitutie van het lichaam van een individu bepalen, bevatten elk gen in dubbeltal, indien dit individu behoort tot een geheel *constant ras*.

Aan *elke* deeling van zulk eene cel gaat een proces vooraf, waarbij de celkern in het cytoplasma verdwijnt (zich oplost) en waarbij het totale aantal genen-soorten zoodanig wordt vermeerderd, dat na de celdeeling in elke dochtercel elk soort gen wederom in dubbeltal voorkomt. *Alleen* bij die cellen, welke, zich deelende, geslachtscellen vormen, heeft, zooals wij het noemen, reductiedeeling plaats, omdat bij dit, aan de deeling voorafgaande proces de genen *niet* worden vermeerderd. Hiervan is dan het gevolg, dat elke geslachtscel, de mannelijke zoowel als de vrouwelijke, elk soort gen slechts in het enkelvoud bevat. Worden nu vrouwelijke geslachtscellen van individuen, welke tot een constant ras behooren, bevrucht, dan bevatten, omdat de genen van de mannelijke geslachtscellen in de vrouwelijke overgaan, deze bevruchte geslachtscellen elk soort gen wederom in dubbeltal.Ontwikkelt uit deze kiemcel een nieuw individu, dan lijkt dit wederom geheel op de ouderplant.

In een *bastaard-individu* is in die cellen, waaruit een nieuw individu, of toch geslachtscellen kunnen ontstaan, een deel van de genen-soorten in dubbeltal, een gewoonlijk kleiner deel in enkelvoud aanwezig, welke laatste geheel op dezelfde wijze eigenschappen in het organisme tot ontwikkeling brengen, als genen in dubbeltal.

Ontstaan uit zulk eene cel tengevolge van reductiedeeling geslachtscellen, dan bevat elke geslachtscel iedere gen-soort, die in de moedercel in dubbeltal aanwezig

was, maar niet elke geslachtscel kan dan tevens alle die genen-soorten bevatten, welke in de moedercel slechts in het enkelvoud aanwezig waren. De laatste moeten zich noodzakelijk over de dochtercellen verdeelen, wat volgens de wet van de waarschijnlijkheid blijkt te geschieden. Waren in de moedercel bijv. vier genen in enkelvoud voorhanden, dan kan eene bepaalde dochtercel toevallig vier van deze genen bevatten, eene andere drie, eene andere twee, of een of geen. Dit geldt zoowel voor de vrouwelijke geslachtscellen, welke uit eene moedercel ontstaan, als voor de mannelijke. Worden thans de vrouwelijke geslachtscellen door mannelijke bevrucht, dan combineeren zich de genen-soorten wederom volgens de wet van de waarschijnlijkheid. Eene vrouwelijke geslachtscel welke vier dezer genensoorten bevat, kan dus bijv. bevrucht worden door eene mannelijke met eveneens vier dezer genensoorten, in welk geval de als gevolg van de bevruchting ontstaande kiemcel deze vier genen-soorten en daarmede alle genen-soorten in dubbeltal bevat. Het hieruit ontwikkelde organisme is dan geen bastaard-individu. Evenzeer kan eene vrouwelijke geslachtscel door eene mannelijke worden bevrucht, welke beide geen enkele van de vier genen-soorten, bevatten. De dan ontstaande kiemcel bevat zoodoende uitsluitend de overige genen in dubbeltal; ook hier groeit uit zulk eene kiemcel een individu op, dat geen bastaard is.

Maar wordt eene vrouwelijke geslachtscel met drie van deze genen-soorten, bevrucht door eene mannelijke, die in plaats van deze drie, slechts twee daarvan bevat, dan ontwikkelt uit de hierdoor ontstane kiemcel een individu, dat ten opzichte van *eene* eigenschap een bastaard-individu is. Wordt eene vrouwelijke geslachtscel met vier van deze genensoorten bevrucht door eene mannelijke met slechts twee van de laatste, dan ontstaat daaruit een individu, dat, ten aanzien van *twee* eigenschappen, een bastaard is. Immers met uitzondering van twee genen-soorten, die in deze kiemcel in het enkelvoud voorkomen, komen de twee andere genen-soorten, evenals de genen voor alle overige eigenschappen van het organisme, daarin in dubbeltal voor.

Uit de hier toegelichte hypothese volgt zoodoende, dat de geslachtscel haar ontstaan te danken heeft aan de

deeling eener cel van het lichaam, welke in erfelijken aanleg geheel gelijk is aan de kiemcel evenals dit het geval is met cellen, waaruit de weefsels van het lichaam voortkomen.

Bevatte de kiemcel alle genen in dubbeltal, dan vormt het zich hieruit ontwikkelende organisme met zijne nakomelingen en de uit deze voortkomende generatie's een constant ras, indien tusschen deze individuen volstrekte zelfbevruchting plaats heeft.

Bevatte de kiemcel één of meerdere genen in enkelvoud, dan zijn de nakomelingen van het zich daaruit ontwikkelende organisme heterozygoten (bastaardindividuen) en homozygoten (geen bastaardindividuen).

Verder volgt uit deze hypothese, dat wij ten aanzien van nakomelingen van een bastaard-individu kunnen berekenen, welk betrekkelijk aantal daarvan geen bastaarden en welk betrekkelijk aantal bastaarden in een, twee, drie enz. eigenschappen zijn, indien wij van twee rassen, door de kruising waarvan de bastaard is ontstaan, het aantal eigenschappen kennen, waarin deze verschillen; en kennen wij dit aantal niet voldoende, dan kunnen wij uit de verhouding, waarin niet-bastaarden en bastaarden in verschillenden graad in de opvolgende generaties van een bastaardindividu optreden, deze kennis verkrijgen. De bastardeering leert ons dus soms eigenschappen van individuen kennen, welke wij aan de individuen niet direct konden waarnemen.

Nemen wij het geval, dat eene tarwebastaardplant 10 genensoorten in dubbeltal en 4 in enkelvoud bevat, dat elke van de laatste 4 ééne eigenschap tot ontwikkeling brengt en dat het aantal nakomelingen van deze plant zeer groot is. Het aantal genen-combinaties, wat in dit geval ten aanzien van de 4 genen mogelijk is, bedraagt dan 16, voor het tot stand komen waarvan 256 individuen vereischt worden, zoodat de verhouding van bastaardindividuen tot die, welke geen bastaarden zijn, staat als 240 : 16

Werden voor het tot stand komen van de 4 eigenschappen der bastaardplant niet 4, maar 6 genensoorten vereischt, dan kunnen 64 genen-combinaties tot stand komen, waarvoor dan 4096 nakomelingen door den bastaard voortgebracht zouden moeten worden. De bastaardindividuen en niet-bastaarden zouden zich dan verhouden als 4032 : 64.

De 16 en de 64 nakomelingen, welke geene bastaarden zijn, kunnen dan stamhouders van nieuwe rassen worden; twee

individuen van beide groepen behooren tot de ouderrassen.

Bij de tarweplanten is zelfbevruchting regel, dus op de stempels komen stuifmeelkorrels van dezelfde bloem terecht, die uitgroeiende de eicel bevruchten.

De nakomelingen van elke van de 16 en 64 individuen op het totaal van 256 en 4096 individuen bezitten zoodoende dezelfde eigenschappen en vormen een constant ras, terwijl van de *nakomelingen* van de 240 en 4032 individuen wederom een deel tot deze constante rassen behoort. Het gevolg hiervan kan zijn, dat na verloop van eene lange reeks van jaren het totaal van de nakomelingen nagenoeg geheel of ook wel volkomen uit constante rassen bestaat. Feitelijk worden in zulke zoogenaamde landrassen als regel toch bastaarden aangetroffen, omdat bij plantengroepen met zelfbevruchters, kruisbevruchting herhaaldelijk voorkomt.

Is bij de organismengroep vreemdbevruchting regel, dan blijft bij de opvolgende geslachten de verhouding van bastaardindividuen en individuen, welke geen bastaarden zijn, veelal ongeveer dezelfde; waarbij dan valt op te merken, dat met het toenemen van het aantal eigenschappen, waarin de rassen verschilden, ook het aantal bastaarden zeer snel toeneemt.

De verhouding van de niet-bastaarden tot de bastaarden is namelijk als $2^n : 4^n$, dus verschillen de gekruiste rassen in eene tot bijv. zes eigenschappen, dan is de verhouding opvolgend als 2 : 2, 4 : 12, 8 : 56, 16 : 240, 32 : 992, en 64 : 4032.

Het spreekt van zelf, dat de werkelijkheid met deze rekening nagenoeg nooit overeen komt. Brengt een individu slechts weinige nakomelingen voort, dan zijn verscheidene geslachten noodig, om vasttestellen, dat de werkelijkheid met de rekening bij benadering overeenstemt.

Bij den mensch zijn de mannelijke en vrouwelijke geslachtscellen over verschillende individuen verdeeld, zoodat hier uitsluitend vreemdbevruchting mogelijk is. Hieruit volgt onmiddelijk, dat de waarschijnlijkheid, dat er een zuiver constant menschenras bestaat, uiterst gering is. Om in zulk een ras een groot aantal bastaarden te doen ontstaan, zou het aantal individuen, wat van een ander ras daarin wordt opgenomen, niet groot behoeven te zijn.

Dat cultuurvolken, waarbij onderling verkeer geregeld plaats heeft, zuivere rassen zijn, is uitgesloten. In den regel zullen daarvan verreweg de meeste individuen bastaarden zijn.

De verklaring van het feit, dat een volk, bij oppervlakkige aanschouwing den indruk kan maken, slechts uit één ras te bestaan, zal mede in het volgende liggen.

De Geldersche tarwe is voor het Nederlandsche klimaat voldoende wintersterk, terwijl de Wilhelminatarwe veel winterzwakker is. Kruist men nu deze beide tarwerassen op groote schaal met elkaar en zaait de door kruising verkregen zaden (vruchten), gemengd met zaad van beide rassen, uit op Gelderschen grond, dan zullen in winters met lage temperatuur niet alleen alle zuivere Wilhelminaplanten, maar ook alle bastaarden, welke winterzwak zijn, te gronde gaan. Blijven in zulke winters een deel van de bastaarden en ook enkele van de uit de kruising voortgekomen rassen over, dan blijkt veelal — indien ook niet altijd — dat de overgebleven planten met de Geldersche tarwe niet alleen in de eigenschap wintersterk, maar ook in andere eigenschappen meer of minder overeenstemmen en daardoor in het klimaat passen, zoodat dan het geheele gewas bij oppervlakkig zien den indruk maakt, een enkel, slechts wat onzuiver ras te zijn. Wat hier voor de tarwe geldt, heeft in nog meerdere mate voor menschenrassen geldigheid, omdat bij deze elke invloed op het lichaam en den geest tegelijk werkt, maar omdat vooral de geest op de individuen zijnen stempel drukt.

Dat de individuen van een volk glad of kroes, blond of zwart haar hebben, dat hunne oogen verschillend gekleurd, hun hoofd meer langwerpig of meer rond zijn, wordt wel waargenomen, maar de meeste menschen zien hierin geen rasverschil.

Komen individuen van een Europeesch menschenras echter in een land met eene andere bevolking, dan worden zij zich van het verschil in ras onmiddellijk bewust en dikwijls zoo sterk, dat zij het vermijden, met leden van het andere volk huwelijken te sluiten, uit vrees, dat de eigenschappen der kinderen èn in verband daarmede hun geestelijke ontwikkeling, van die van het eigene volk, *te* veel zullen verschillen.

Niet alleen op het in leven blijven of te gronde gaan

van de *rassen* van planten en dieren is de omgeving, waaronder deze organismen leven, van invloed, maar deze doet zich ook gelden, waarop reeds werd gewezen, met betrekking tot de verschillende eigenschappen van elk individu. De quantiteit of de graad, waartoe de eigenschappen zich ontwikkelen, is zelfs geheel en al afhankelijk van de omstandigheden, waaronder de individuën groeien.

Kiezen wij als voorbeeld onze hoogere groene cultuurplanten, dan weet iedereen, dat de groei van iedere plant afhangt van verschillende voedingsstoffen, van water, lucht, warmte en licht. Onze cultuurgewassen eischen voor hunne ontwikkeling ten minste tien chemische elementen in hun voedsel, zoodat het totaal van de omstandigheden, welke voor het tot standkomen van hunnen groei vereischt worden, tenminste veertien bedraagt. Ontbreekt eene daarvan, dan wordt de volkomene ontwikkeling van de plant onmogelijk, welke der veertien omstandigheden dit ook moge zijn.

Nu zijn echter niet alleen in verschillende streken, waarin de individuen van een ras groeien, de omstandigheden meer of minder uiteenloopend, maar dit is ook het geval op eene beperkte groeiplaats van eenzelfde streek en hier tevens nog op verschillende tijdstippen van den groei der planten. Elk verschil echter bijv. van warmte, water, stikstofvoedsel enz. doet zich op de ontwikkeling van de eigenschappen van elke plant in dezen zin gelden, dat bij een bepaald bedrag van de omstandigheden, het optimum, de ontwikkeling daarvan maximaal, bij eene afwijking van dit bedrag naar plus of minus geringer is, waarbij, zooals wij zagen, echter nog komt, dat die omstandigheid, welke in vergelijking met de andere in de relatief geringste mate, zoogenaamd in het minimum, aanwezig is, de overige in hunne werking mede bepaalt.

In het vroege voorjaar bijv. zal ten gevolge van de nog lage temperatuur een blad misschien in achttien dagen tot volle ontwikkeling kunnen komen, terwijl hiervoor in de maand Mei misschien acht dagen voldoende zullen zijn. Het hangt geheel en al van de plaats, waarop elk individu toevallig komt te staan, af, met welk bedrag de verschillende omstandigheden gedurende de opvolgende groeidagen voor het individu beschikbaar zijn en in verband hiermede, met welke kwantiteit de verschillende deelen

van de plant zullen toenemen in lengte, dikte en gewicht. Het toeval zwaait hier zoo geheel en al zijn scepter, dat lage temperatuur den dood van een deel der individuen door bevriezen, hooge temperatuur den ondergang van andere individuen door verdroogen tengevolge hebben kan. Er komt nog bij, dat individuen toevallig ook door ziektekiemen of schadelijke dieren kunnen worden aangetast.

Maar tegenover het toeval heerscht omgekeerd de noodzakelijkheid. Want niet alleen de mate van de ontwikkeling van de verschillende individuen, maar ook die van elke eigenschap van een bepaald individu wordt tevens mede beheerscht door het zich ontwikkelend organisme zelf.

Wel kunnen de omstandigheden het organisme dooden, maar het levend organisme kunnen zij niet dwingen bijv. van het een of andere voedsel of van water boven een zeker bedrag op te nemen.

De mate, waarop het organisme van de omstandigheden partij trekt, wordt dus door het organisme zelf bepaald.

Veronderstellen wij, dat twee willekeurige tot een zelfde ras behoorende individuen staan op twee groeiplaatsen, waarop de omstandigheden meer of minder, soms zeer sterk verschillen. Wat de *differentiaties* van de cellen betreft, waarmede de beide planten zich opbouwen, ontwikkelen zich deze organismen dan geheel en al op dezelfde wijze, want deze ontwikkeling wordt bij beide door de zoogen. *integratie* beheerscht. De integratie beteekent toch het tot een geheel maken van de (betrekkelijk) zelfstandige deelen.

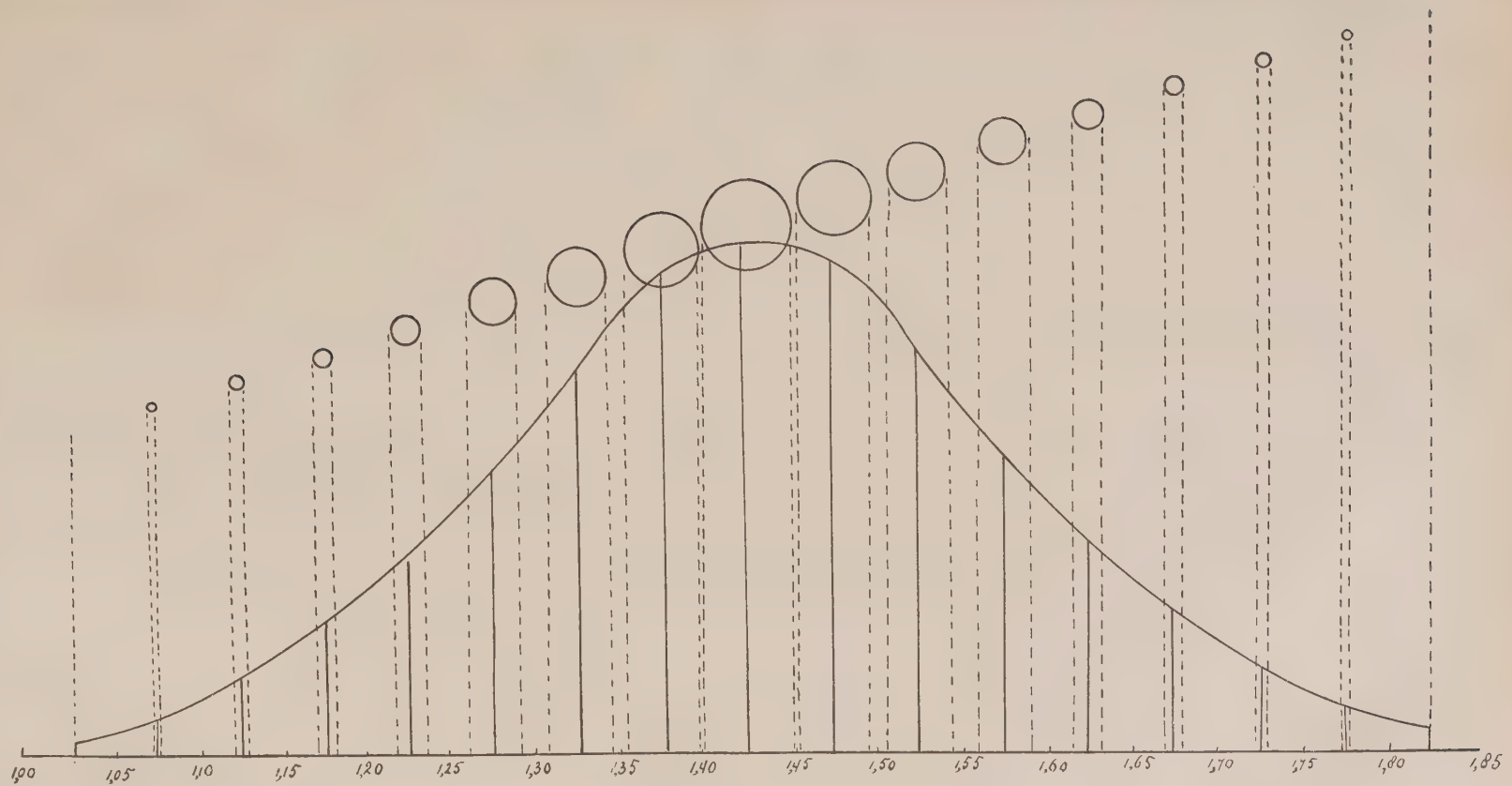
Ook voor den mensch geldt evenals voor de plant, dat elk individu is eene bepaalde eenheid van veelheden, welke door de omstandigheden buiten het organisme niet kan worden verstoord. Ook door enting of door kruising wordt deze eenheid-veelheid van de plant niet vernietigd; wel kan een entstuk op de geënte plant groeien en kan door kruising eene kiemcel voor een nieuw organisme met eenen van de ouderplanten verschillenden eigenaard ontstaan.

De integratie van elk organisme geeft ons, dit zij hier nog terloops gezegd, onmiddelijk een inzicht in de zoogen. minimum-wet. Immers, indien eene van de bovengenoemde veertien omstandigheden ontbreekt, is het voor de groeiende plant onmogelijk, zich volgens haar eigenaard volkomen te ontwikkelen. Indien in hare omgeving, waartoe echter

ook haar reservevoedsel behoort, bijvoorbeeld alleen de stikstof ontbreekt, is haar groei onmogelijk. Kan zij echter een klein bedrag stikstof opnemen, dan kan zij in verhouding tot dit bedrag ook van de overige dertien omstandigheden profiteeren. Evenzeer wordt ook dadelijk begrijpelijk, waarom in 't vroege voorjaar ten gevolge van de nog lage temperatuur de plant langzaam groeit, ook al is er veel voedsel en water beschikbaar voor eene eventueele ontwikkeling. Feitelijk neemt dan ook de groei met het stijgen van de temperatuur toe. Noemen wij bij wijze van spreken, alle omstandigheden voor de plant voedsel, dan zien wij dus, dat de plant van elke der verschillende voedingsstoffen eene door haren eigenaard bepaalde hoeveelheid tot zich neemt en in verhouding daarvan groeit. De land-, tuin- en boschbouwer moet dus zorg dragen, dat een bepaald individu van al deze veertien voedingsstoffen zooveel opnemen kan, als zijn eigenaard toelaat. Feitelijk bepalen de omstandigheden nu echter van hun kant wederom den groei van het individu, omdat zij alle hiermede in eene onverbreekbare betrekking staan.

Wij geven aan het resultaat van deze betrekking tusschen de omstandigheden en de ontwikkeling van de eigenschappen van het individu nu den naam „modificatie", wat dus niets anders zegt, dan dat het organisme zich in elk onderdeel meer of minder ontwikkelt, naarmate de omstandigheden voor de plant hiervoor meer of minder gunstig zijn.

Van de modificatie van eene willekeurige eigenschap bij verschillende planten van hetzelfde ras, welke samen op een stuk land staande, feitelijk allen onder ongelijke omstandigheden verkeeren, kan de lezer zich gemakkelijk eene voorstelling maken, indien hij denkt, dat hij voor een niet te klein stuk tarwe staat, die haast rijp is. Oppervlakkig over de tarwe heen ziende, lijken hem misschien alle planten zoowat even lang te zijn, maar bij nauwkeuriger waarnemen merkt hij op, dat dit toch niet het geval is. Worden nu de planten bij het oogsten met de noodige voorzorgen naar de lengte gerangschikt en in bossen gebonden en wel zoo, dat de kortste planten, waarvan de lengte bijv. tusschen 1 Meter tot 1.05 Meter ligt in eenen


1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
1,55
1,60
1,65
1,70
1,75
1,80
1,85

bos, de volgende van 1.05 tot 1.10 Meter lengte in eenen tweeden bos en zoo voortgaande de langste van 1.80 tot 1.85 M. lengte in den laatsten bos samengevat, dan verkrijgt men 17 bossen. Plaatst men deze dan in eene rij naast elkaar op volkomen vlak land, dan blijken de eerste en de laatste bos zeer dun, de beide middelste bossen dikker te zijn, dan alle overige, en de dikte der bossen naar de beide uitersten toe geringer te worden. Richt men dan in 't midden van elken bos op den grond eene loodlijn op en zet van den voet af van elk van deze loodlijnen zooveel millimeters af, als het aantal planten in de bossen bedraagt, dan geeft de verbinding van de toppen dezer loodlijnen eene kromme, welke Galtonsche kromme genoemd wordt (zie figuur). Heeft men planten genoeg bijv. millioen geoogst en bij het oogsten alle planten verwijderd, welke door ziekten, hagelslag of andere ongewone invloeden abnormaal geworden zijn, dan heeft de genoemde kromme een bepaald ideaal verloop, mits de planten tot hetzelfde ras behooren. Omdat bij verschillende rassen volgens den eigenaard van ieder ras dezelfde eigenschappen bijv. de lengte van de halm, de dikte daarvan, de kleur der aren enz. erfelijk verschillend zijn, geven de krommen van hunne eigenschappen een middel aan de hand, om vast te stellen, of eene groep planten tot één of tot meerdere rassen behoort.

Modificaties ondergaan nu niet alleen de direct waarneembare eigenschappen van de planten, maar ook de physiologische processen bijv. de assimilatie en dissimilatie, die wel indirect te meten zijn, bijv. door het verschil van suikergehalte bij suikerbieten, van zetmeelgehalte bij aardappels enz. te bepalen.

Voordat door de studie van het resultaat der kruising van rassen, waarvoor door Gregor Mendel de juiste weg is gewezen, op de erfelijkheidsverschijnselen een geheel nieuw licht was gevallen, heeft de mutatietheorie van Hugo de Vries niet alleen in de wetenschap maar ook in de praktijk van de veredeling van planten en dieren eene belangrijke rol gespeeld. Volgens de waarnemingen van dezen onderzoeker kan in een volkomen constant ras bij uitsluitende zelfbevruchting van de daartoe behoorende individuen onderling plotseling een klein aantal individuen optreden, waarvan elk individu of eenige te samen met

hunne nakomelingen, een *nieuw* ras vormt, indien ook bij deze mutanten vreemdbevruchting wordt uitgesloten. Het individu, dat door mutatie is ontstaan, verschilt zoodoende van zijne ouders in constitutie.

Omdat voor alle organismen waarbij geslachtelijke vermeerdering regel is, of toch plaats kan grijpen, nieuwe rassen gemakkelijk en in grooten getale door kruising kunnen ontstaan, zou de mutatie voor deze groote groep van organismen ook praktisch van geringe beteekenis zijn. Niettemin heeft het accentueeren van het plotseling kunnen ontstaan van individuen met eene nieuwe constitutie door Hugo de Vries, tot den vooruitgang op dit gebied van de wetenschap krachtig bijgedragen. Voor die lagere organismen, waarbij geslachtelijke vermeerdering nog niet is waargenomen, moeten daarentegen mutaties voor het ontstaan van nieuwe biotypen wel van beteekenis zijn en zijn ook herhaaldelijk waargenomen. Als voorbeeld zij hier de constitutie-verandering aangehaald van de salpeterbacterie. M. W. Beyerinck vond, dat deze bacterie, het vermogen, salpeter te vormen, verliest, wanneer zij langeren tijd in een aan koolstofvoedsel rijk substraat groeit. De onderzoeker kon er niet in slagen, de constitutioneel zoo gewijzigde bacterie onder omstandigheden te brengen, waaronder zij dit vermogen terug kreeg.

De constitutiewijziging is hier de werking van uitwendige omstandigheden. Wij komen hiermede in zoover op een grensgebied, als er bij verscheiden organismen schijnbare veranderingen in hunne constitutie voor langeren of korteren duur voorkomen, waarvan wij hier enkele voorbeelden willen aanhalen.

De bloemen van knoppen van de *rood* bloeiende primula worden wit, indien de plant 5 tot 6 dagen voor het opengaan van de knop in eene kas wordt geplaatst, waarin de temperatuur 30^0 C. hoog is. De zaden van zulk een knop brengen echter wederom de gewone rood bloeiende primula's voort.

Bij de weverskaarde (dipsacus silvestris) treedt zoogen. dwangdraaiing van de stengels op, indien de plant op eenen grond van eene bepaalde vruchtbaarheid groeit. Hier blijkt, dat de plant in een bepaald stadium van hare ontwikkeling tegen uitwendige omstandigheden bijzonder gevoelig is;

deze leeftijd heeft men wel de kritische periode genoemd. Voor den mensch is het geslachtsrijp worden zonder twijfel eene kritische periode voor zijne lichamelijke en geestelijke ontwikkeling.

In de hier genoemde gevallen is de nawerking van de verandering in den groei der organismen van betrekkelijk korten duur. Daarom noem ik nog het verschijnsel, dat de klimopplant in de schaduw over den grond kruipende, soms vele jaren slechts rankende stengels voortbrengt en dit blijft doen, indien daarvan stukken aan boomen of schuttingen omhoog ranken, onder voorwaarde, dat de oudere stengeleinden steeds worden afgeknipt. Geschiedt het laatste niet, dan ontwikkelen de oudere takken fertile (vruchtdragende) stengels, wier bladeren in hunnen habitus van die der jongere ranken verschillen. Deze oudere stengels blijven nu hunnen habitus behouden, indien zij voortgroeien en ook wanneer zij door stekken worden vermeerderd. De van deze fertile takken geoogste vruchten geven echter wederom de gewone klimopplant met hare jeugdranken enz.

Hoe belangrijk alle deze verschijnselen nu mogen zijn, men heeft hier niets te maken met veranderingen van erfelijken aard.

De reden, waarom alle tot hiertoe besproken verschijnselen van het organisme, aan de plant geïllustreerd zijn, ligt in de eerste plaats hierin, dat mijn arbeid voornamelijk op het gebied van de plantenteelt ligt, maar in de tweede plaats daaraan, dat in beginsel de verschijnselen van het leven en de ontwikkeling bij alle organismen overeenkomen, waarbij komt, dat de mensch evenals het dier het leven van de chlorophyl bevattende plant tot voorwaarde heeft; deze laatste omstandigheid beteekent dus voor den mensch „to be or not to be".

Wij komen tot de conclusie van ons betoog, die hierop neerkomt, dat elk organisme een bepaald ontwikkelingsproces doorloopt, waarbij de differentiatie, welke de veelheid van de eigenschappen en het verloop van de verschillende levensfunctiën van het individu bepaalt, door de integratie zoodanig in toom wordt gehouden, dat de eenheid van het organisme daardoor niet in gevaar komt. Evenals de differentiaties van elk individu, welke bij indi-

viduen, die tot een bepaald ras behooren, dezelfde zijn, door de integratie worden beheerscht, waarborgt de laatste ook de eenheid van het geheele organismenrijk, waarop dan echter de mutaties inbreuk zouden maken.

Denkt men er aan, welk een geweldig aantal individuen van verschillende rassen van planten en dieren elk jaar met elkaar kruisen, dan vraagt men zich af, hoe in dien warboel orde kan worden gehouden. Daartoe werken wel is waar de omstandigheden buiten het organisme krachtig mede, maar deze zouden de verwarring niet kunnen voorkomen, indien niet de integratie met haar machtige hand de teugels hield, en den differentiaties toeriep: rechts of links houden.

Wie geeft nu aan de integratie hare macht, de eenheid van het organisme te bewaren, wie aan de differentiatie, om de cellen in hunnen bouw te wijzigen, wie regelt de assimilatie en de dissimilatie?

Het antwoord luidt: de genen.

De vergelijking van genen met atomen en moleculen, welke wel gemaakt is, gaat reeds daarom mank, omdat moleculen zich tot groote massa's van eenzelfde stof kunnen bij elkaar voegen, terwijl het juist de genen zijn, die de chemische processen in het organisme regelen.

Wat men van de genen meent te weten, komt in hoofdzaak hierop neer, dat zij haast uitsluitend in de kernen van de cellen moeten zetelen, hoewel in den laatsten tijd gebleken is, dat ook het overige protoplasma bij de erfelijkheidsverschijnselen eene rol moet spelen en wel bleek dit meer bepaaldelijk met betrekking tot de chromatophoren (kleurstofdragers).

In de laatste jaren is meer en meer gebleken, dat in de organismen enzymen eene groote rol spelen.

Het thans bekende aantal enzymen in de organismen is zoo verbazend groot geworden, dat het begrijpelijk wordt, dat er tusschen de erfelijkheidsverschijnselen en de enzymen verband is gezocht. M. W. Beyerinck vindt dat verband, indien ik hem juist begrijp, hierin, dat hij zich het levend protoplasma gedifferentieerd denkt in moleculen of micellen, welke erfeenheden zijn.

Deze erfeenheden zijn dan enzymen en wel als deelen van het levende protoplasma endoënzymen, zoodat „het

geoorloofd zou zijn, de erfeenheden in 't algemeen als enzymen en de enzymen als erfeenheden te beschouwen".

Het behoeft geen nader betoog, dat deze onderzoeker zijne theorie afleidt uit het resultaat van zijne op het gebied der microben zoo uitgebreide onderzoekingen. Volgens deze theorie zijn dus alle verschijnselen in het levend organisme door de enzymen, zijnde erfeenheden, beheerscht, waarvoor de onderzoeker dan ook verschillende bewijzen aanhaalt bijv. het licht geven van bepaalde organismen, het afbreken van organische verbindingen ten behoeve van de ademhaling, het opbouwen van suiker uit zetmeel en ook het opbouwen van den celwand.

Eene nieuwe theorie moet nieuwe inzichten openen en in dit geval ten aanzien van de erfelijkheidsverschijnselen, wat Prof. Beyerinck voor de mikroorganismen dan ook nader toelicht.

Het is duidelijk, dat bij het aannemen van deze theorie voor het tot stand komen van een verschijnsel in het levend organisme aan twee voorwaarden moet worden voldaan, te weten, 1e. er moet in het organisme daarvoor de erfeenheid of, indien daarvoor meerdere erfeenheden samenwerken, moeten deze erfeenheden, zijnde *enzymen*, voorhanden zijn; 2e. in het voedsel resp. in de omgeving van de mikrobe, moet eene stof zijn, waarop het enzym inwerkt. Zal zetmeel door diastase tot suiker worden vervormd, dan moeten er zoowel diastase als zetmeel zijn; zal eene bacterie licht geven, dan moet er een enzym „luciferase" en een stof „luciferine" zijn, zoodat door de samenwerking van beide licht kan ontstaan.

Beyerinck toont aan, dat het mogelijk is, eene bacteriensoort onder omstandigheden te brengen, waarbij levensfunctiën buiten werking worden gesteld, terwijl de functie, waarop het bij het onderzoek aankomt, niet gelijktijdig wordt opgeheven. Hieruit kan dan blijken, dat de laatste functie het gevolg is van de werking van ééne of meerdere bepaalde enzymen. Blijkt genoemde theorie algemeene geldigheid te hebben, dan wordt dus de mogelijkheid geopend, om de enzymen (erfeenheden) te bepalen, welke bij elk levensverschijnsel van het mikroorganisme eene rol spelen.

Er werd reeds opgemerkt, dat Beyerinck vond, dat de

salpeterbacterie bij eene bepaalde voeding haar vermogen, salpeter te vormen, geheel verloor, terwijl de bacterie verder volkomen levensvatbaar bleef, zich dus ook kon vermeerderen. Zoodoende bestaat dus de mogelijkheid, dat een nieuw ras van mikroben daardoor ontstaat, dat ééne of meerdere erfeenheden uit eene mikrobe te gronde gaan, omdat de omstandigheden voor de vermeerdering van het enzym ontbreken.

Blijkt hier het verlies van een of meerdere raseigenschappen volgens Beyerinck een onbetwistbaar feit te zijn, dan wordt hierdoor nog niet bewezen, dat de omstandigheden het levend protoplasma van eene mikrobe ook kunnen dwingen, aan hare „moleculen of micellen" eene of meerdere nieuwe erfeenheden, dus nieuwe enzymen, bij te bouwen. In elk geval heeft het gen hier een stoffelijken inhoud verkregen, terwijl Johannsen de vraag, of daarvoor een stoffelijke inhoud moet worden aangenomen, open laat. Mocht blijken, dat de „enzymtheorie van de erfelijkheid" ook voor hoogere organismen in zoover geldigheid heeft, dat de physiologische processen door enzymen worden beheerscht, dan volgt hieruit nog niet, dat nieuwe rassen op de wijze als Beyerinck voor de ongeslachtelijk vermeerderende mikroorganismen aanneemt, ook bij de hoogere organismen ontstaan.

Omdat het ontwikkelingsproces van alle organismen een in wezen gelijk verloop heeft, kan ik er mij toe bepalen, te herhalen, dat de organisatie van het menschelijk organisme met die van de hooger georganiseerde dieren hierin overeenkomt, dat uit de tot weefsels vereenigde cellengroepen organen worden gevormd, welke tot zekere hoogte een eigen bestaan hebben, en in verband daarmede bepaalde functies verrichten.

HET ZENUWSTELSEL.

De bespreking van den bijzonderen lichaamsbouw van den mensch ligt hier niet in de bedoeling. Alleen over het zenuwstelsel wil ik eenige opmerkingen in het midden brengen.

Ik zou mij kunnen denken, dat iemand, die over zich zelf nadenkt, op de gedachte kan komen, dat het geheele menschelijke organisme geen ander doel heeft dan dit, om

het zenuwstelsel tot de meest volkomen ontwikkeling te brengen, zoodat dit aan het menschelijke Ik alle diensten kan bewijzen, welke dit laatste daarvan maar eenigszins kan verlangen.

Inderdaad is het menschelijk lichaam eene zoo volkomene organisatie, als door geen nog zoo diepzinnigen denker ooit had kunnen worden bedacht. Zelfs de hoog ontwikkelde onderzoeker zal er zelfs nooit in kunnen slagen, om alle geheimen van deze organisatie te ontsluieren. Hier bestaat tusschen centralisatie en decentralisatie eene zoo volkomen harmonische eenheid, dat daarvan tusschen alle, ook de kleinste deelen een diep doordachte samenwerking het gevolg is. Het centrum van deze samenwerking is het centrale zenuwstelsel, hetwelk zich tot het ruggemerg en verder tot kleinere en ten slotte tot de kleinste zenuwstrengen vertakt en hierdoor het geheel van het organisme met het centrum verbindt. Het laatste beheerscht daardoor het geheele lichaam en kan vergeleken worden met een geestelijk hoofd, dat alle bevelen van het individu naar alle deelen overbrengt en onmiddellijke gehoorzaamheid eischt. Omgekeerd staat echter het centrum wederom in den dienst van alle deelen en is gevoelig voor elken prikkel, dien de zenuwstrengen naar het centrum overbrengen. Zoodoende is het geheele lichaam dus gevoelszintuig. Bovendien staan echter nog vier organen van het lichaam in den dienst van de centrale zenuwen. Deze organen zijn de grootste kunstwerken van organischen bouw, welke voor indrukken, welke van de buitenwereld op het lichaam werken, eene zoo groote gevoeligheid bezitten, dat zij door de overbrenging van de ontvangen indrukken naar het centrale zenuwstelsel den mensch in staat stellen, tot de diepste geheimen van den geheelen wereldbouw door te dringen en van de onvergelijkelijke schoonheid daarvan te genieten.

Maar niet alleen voor het (zinnelijk) genot van den mensch zijn de zintuigen gebouwd, zij zijn ook voor het in leven houden van het lichaam zelf eene volstrekte noodzakelijkheid, hierdoor toch blijft het met de geheele wereld in betrekking.

Voor al zijne functiën is het eerste voorwaarde, dat het lichaam gevoed wordt. Hierdoor is het indirect van al die omstandigheden afhankelijk, welke voor het leven

van de groene plant onontbeerlijk zijn. Het is verder ook direct afhankelijk van voedsel, water, lucht, warmte en licht.

En zoo geldt voor den mensch evenzeer als voor de plant, dat de ontwikkeling van elke eigenschap van het menschelijke lichaam in volstrekte afhankelijkheid staat tot de omstandigheden, waaronder dit geplaatst is, terwijl omgekeerd de omstandigheden wederom beheerscht worden door het organisme. Het verschil van de omstandigheden op verschillende plaatsen van de aarde brengt daarom weder mede, dat er verschillende menschenrassen op de aarde voorkomen, die met elkaar in onderling verkeer komende, aan de vreemdste mengsels van rassen en bastaarden het aanzijn geven. Het aanpassingsvermogen van het menschelijk organisme is groot; op haast elk deel van de aarde blijken menschen te kunnen leven, zoodat de oppervlakte der aarde ten slotte dan ook haast overal door menschen bewoond wordt.

Hoe verschillend nu echter de eigenschappen van de menschenrassen mogen zijn, in elk menschelijk individu speelt het zenuwstelsel dezelfde, schijnbaar het geheele lichaam beheerschende rol, zoodat het begrijpelijk is, dat de zenuwen en meer speciaal het centrale zenuwstelsel wel eens voor het werkelijk *geestelijke* element van den mensch is gehouden; gezegden als „zonder phosporus geen gedachte", getuigen van zulk eene opvatting. Hoe wonderbaarlijk echter de bouw van het menschelijk lichaam moge zijn en hoe absoluut onontbeerlijk het zenuwstelsel voor het leven van den mensch is, de studie daarvan mag ons niet weerhouden, ook van het Ik als ziel en geest studie te maken. Zoo gaan wij dus van de eenheid lichaam over tot de bespreking van de eenheid ziel.

DE MENSCHELIJKE ZIEL (DE GEEST).

Zonder twijfel is het nauwe verband tusschen ziel en lichaam eene van de redenen, waarom aan de geestesverschijnselen door vele menschen dezelfde erfelijkheid wordt toegekend als aan die van het lichaam. Men kan dan ook de ziel met de kiemcel van het lichaam vergelijken; ziel en lichaam vormen als het algemeene en het bijzondere eene tegenstelling. Immers evenals uit de kiemcel het lichaam opgroeit, ontwikkelt zich uit de ziel de geest.

Het kenmerkende van de ziel is hare onzelfbewustheid. Zij is nog zoo nauw met het lichaam verbonden, dat zij feitelijk lichamelijk schijnt te zijn. Daarom draagt de ziel ook den stempel van het milieu, van de uitwendige omstandigheden, die de ontwikkeling van het lichaam beheerschen. Dit geldt niet alleen voor het individu, maar ook voor het volk, zoodat wij dan ook van de volksziel spreken. De Rus verschilt typisch van den Franschman, zelfs de Amerikaan typisch van den Duitscher. Hoe groot het verschil van volkstypen zijn kan, volgt bijv. hieruit, dat het eigenaardige van de „ziel" van den Pool voor mij niet geheel begrijpelijk is geworden, hoewel op de boerderij in Oostpruissen, waar ik inspector was, de arbeiders uitsluitend Polen waren. Hoewel deze de Duitsche taal niet verstonden, werd hunne taal door den eigenaar en de opzichters wel verstaan. Het voor mij raadselachtige komt vooral bij den intellectueel hoog ontwikkelden Pool uit, waarin wel mede het bewijs ligt, dat het bijzondere volkstype ook door het geestelijke milieu mede wordt bepaald. Ik heb gestudeerd en was bevriend met een zeer begaafden Pool. Wij zijn ook als „wandelleeraars" samenwerkende, goede vrienden gebleven, wat hieruit blijkt, dat wij in twee naast elkaar liggende districten werkende, beide districten bijéén namen en het werk in beide onderling verdeelden ; de studie van mijnen vriend lag meer op het gebied van de staat- en huishoudkunde. Ook deze samenwerking bracht ons „ziels"-verschil sterk aan den dag, wat zich hierin uitte, dat mijn vriend zich bij alle mogelijke gelegenheden hartstochtelijk opwond. Hartstochtelijkheid was een kenmerk van zijn karakter en is misschien een algemeen kenmerk van den intellectueelen Pool.

Noemen wij de zielsuitingen, die van de lichamelijke moeilijk zijn te onderscheiden, instinct, dan is de mensch zonder twijfel hiermede veel minder bedeeld, dan alle eenigszins hoogere georganiseerde dieren. Vergelijkt men bijv. de oudste woningen van den mensch met die van dieren, dan getuigen zij van hulpeloosheid en gering instinct. Hoeveel volkomener is de bijenwoning, hoeveel kunstiger het nest van de meeste vogels samengesteld.

Wie studie maakt van het instinct van de dieren, moet wel tot groote bewondering komen aan den eenen kant

voor het groote verschil in instinct bij verschillende soorten van dieren, aan den anderen kant voor het buitengewoon hoog ontwikkelde instinct van enkele dierensoorten in vergelijking met het menschelijk instinct, waaruit niet volgt, dat dit een nadeel voor den mensch is. Maar bewijst dit niet, zoo wordt wel gezegd, dat het dier ook verstand heeft en dat het laatste bij vele dieren dat van menigen mensch overtreft. Feitelijk ben ik niet in staat, de grens van het instinct en het verstand nauwkeurig te bepalen en ik red mij uit de verlegenheid, door te beweren, dat grenzen, welke niet overschreden kunnen worden, voor het denken in het geheel niet bestaan, zoodat ik tegen de bewering, dat hoog ontwikkeld instinct van verstand moeilijk is te onderscheiden, alleen kan zeggen, dat er niettemin onderscheid tusschen beide bestaat.

Wanneer een kind geleerd heeft, uit papierstrooken een mat of een mandje te vlechten, zal het allengs trachten hierin zélf variatie te brengen, tenzij het dit vlechten vervelend begint te vinden en met andere materialen begint te werken of te spelen.

Het werk van het instinct maakt steeds den indruk van dat van eene machine.

Of in vroegere tijden de zwaluw haar nest uit andere materialen gebouwd heeft dan tegenwoordig, mag in het midden worden gelaten, de bouw van het nest is in zekeren zin steeds dezelfde. Nadat het eerste nest klaar was, werd het precies nagebouwd, de gewoonte van het nestbouwen is verstard. Hetzelfde geldt van het kunstwerk van de bijenwoning. Deze verstarring *schijnt* slechts daarom niet te bestaan, omdat het dier onder verschillende omstandigheden toch bijv. zijne woning weet te bouwen. Darwin vond, dat zelfs regenwormen, welke in met aarde gevulde bloempotten huisden, de uitmondingen van hunne gangen met spitshoekige deelen van papieren driehoeken sloten, indien het materiaal van papieren driehoeken in overvloed voorhanden was, met stomphoekige deelen daarentegen, indien dit materiaal schaarsch was.

Dat de mensch zich niet alleen aan de omstandigheden tracht aan te passen, maar liefst de omstandigheden volgens zijne behoeften verandert, blijkt hieruit, dat de eerste woningen van den mensch holen in den grond of

ruwe getimmerden boven den grond uit boomtakken en loof waren, terwijl later prachtige burgten en godshuizen van hooge kunstwaarde zijn verrezen. Misschien zal men tegenwerpen, dat het dierlijke instinct de woningen onmiddellijk zoo wist te construeeren, dat daaraan later niets meer te verbeteren viel en, dat er toch ook andere bewijzen zijn voor de verstandelijke of geestelijke ontwikkeling van het dier.

Kan bijv. de trouw van enkele honden door die van menschen overtroffen worden? Hiertegenover staat, dat men van eene dergelijke trouw van honden tegenover hunne broers of zusters weinig of niets bemerkt. Dieren worden door hunne zintuigen soms sterk beheerscht; zoo blijft de gedresseerde patrijshond op het kommando van zijnen reuk pal staan op eenigen afstand van het wild. Een hond welke door een anderen of door eenen mensch onverhoeds is aangevallen, vergeeft dit soms nooit, maar valt hem aan, zoodra hij hem ontmoet. Dit geldt zelfs voor de moeder en haar kind bij de honden.

Het resultaat van de indrukken, welke het kind in den eersten tijd van zijn leven ontvangt, is heel dikwijls niet te bepalen, maar het duurt toch niet zoo heel lang, of de verzorgster begint op te merken, dat het begint te onderscheiden.

Het hoofdmiddel, om de ziel tot eigen leven te ontwikkelen, is natuurlijk de taal. Met het hooren van woorden, welke met gebaren gepaard gaan, komt het kind zoover tot bewustzijn, dat het de *dingen* — waartoe alle aldus geduide waarneemsels te rekenen zijn, — leert onderscheiden, wat hieruit blijkt, dat het deze leert noemen. Het lager onderwijs dient dan ook in de eerste plaats hiertoe, het kind door middel van de taal de dingen van zijne omgeving te leeren onderscheiden en de beteekenis daarvan voor den mensch te leeren kennen. Met het lezen leert het dan verder de gedachten van de schrijvers verstaan. Lezen en schrijven zijn naast rekenen de hoofdmiddelen om het kind zoover te ontwikkelen, dat het later diensten kan bewijzen bij het voortbrengen van de middelen, waardoor de levensbehoeften van den mensch bevredigd kunnen worden.

Voor de vorming van het karakter dient het voorbeeld van de ouders en opvoeders en de religie; voor het wakker

roepen van de phantasie sprookjes, allerlei verhalen enz.

In plaats van hierop verder in te gaan, wil ik liever in herinnering brengen, welk eenen rijkdom van differentiaties de ontwikkeling van kinderen vertoont. Evenals het lichaam van de kinderen steeds verschilt, is dit ook het geval met hunne ziel en later met hunnen geest, wat reeds hierdoor begrijpelijk wordt, dat het lichaam tot de omstandigheden behoort, welke zich bij de geestelijke ontwikkeling van het kind sterk doen gelden.

Het eene kind weet zich altijd zelf bezig te houden, het andere moet altijd bezig gehouden worden door anderen; het eene is geheel en al kind in al zijne uitingen, het andere maakt door zijn kind-zijn en toch als volwassen mensch te doen, dikwijls eenen aantrekkelijk komischen indruk.

Hoe ernstig en vol plichtsbesef kunnen kinderen van twaalf tot veertien jaren en soms op nog vroegeren leeftijd zijn, terwijl bij anderen deze ernst eerst op veel lateren leeftijd komt. De vraag of het beter is, dat de mensch vroeg- of laatrijp is, laat zich niet beantwoorden, omdat de ervaring leert, dat vroegrijpe geestesontwikkeling door laatrijpe dikwijls wordt ingehaald en overvleugeld. De ontwikkeling is soms zoo vroegrijp, dat wij van wonderkinderen spreken.

De differentiatie in de ontwikkeling van den geest neemt grootere afmetingen aan, naarmate deze voortschrijdt. Hieruit volgt, dat de differentiatie het sterkste moet zijn bij volkeren met eene hooge cultuur, waarbij de *persoonlijkheid* dan van groote beteekenis wordt.

Echter ook bij deze laatsten komt de geestesontwikkeling bij een groot deel van de menschen reeds op vroegen leeftijd tot zekeren stilstand, omdat de gekozen beroepsarbeid eene verdere, meer algemeene ontwikkeling van den geest in den weg staat,

Bij verreweg het grootste aantal menschen is verder de geestesontwikkeling eenzijdig in dezen zin, dat het denken en werken zich overwegend tot een bepaalde sfeer beperkt. Dit geldt voor genieën evenzeer als voor gewone menschen. Dat echter de gezonde mensch zich geheel en al tot eene beperkte sfeer zal laten dwingen, is wederom niet wel denkbaar.

Het pas geboren kind is hulpeloos en kan noch lichamelijk noch geestelijk zonder de hulp van een ouder mensch tot ontwikkeling komen.

Neemt het aantal menschen toe, dan vormen deze van zelf groepen, omdat zij de ervaring opdoen, dat hierin een krachtig middel ligt, om den mensch machtiger te maken. De menschengroepen ontwikkelen zich ten slotte tot volken, welke eenheden vormen, en hierdoor op de ontwikkeling van de hiertoe behoorende enkelingen hun stempel drukken, Wij spreken daarom ook met recht van de volksziel en van den volksgeest.

De ervaring leert nu, dat de ziel van het „natuurvolk" evenals die van het kind mede sterk door de met de natuur gegeven omstandigheden bepaald wordt, waaronder het volk leeft. Deze omstandigheden doen zich natuurlijk direkt op de ontwikkeling van het lichaam gelden, hiermede indirect maar evenzeer ook direct op die van de ziel van het volk.

Het gevolg hiervan is eene soms sterke differentiatie ten aanzien zoowel van de lichaams- als vooral van de zielsontwikkeling van volken en wel accentueert zich dit verschil in de eerste richting het meest bij de natuurvolken, omdat bij deze de ziel zich door het lichaam nog sterk laat beheerschen. Naarmate de geest meer zelfstandig wordt en heerscher over het lichaam, zal zich de invloed van de natuur op het volkskarater minder krachtig doen gelden, maar de draai, welke de nog niet tot geest ontwikkelde volksziel heeft verkregen, blijft ook verder op de ontwikkeling van den geest doorwerken.

De differentiatie ten gevolge van de invloeden van de natuur wordt ten slotte echter overheerscht door de differentiatie ten aanzien van den geest der volken.

Overeenkomst en verschil beide ten opzichte van de volksziel blijkt in de eerste plaats uit de voorstellingen, welke verschillende volken aan het bovennatuurlijke verbinden. Deze voorstellingen beginnen, schijnt het, altijd met het toekennen van macht aan de natuurverschijnselen tegenover den mensch.

Tusschen dit naïeve geloof aan eene buitengewone macht van natuurverschijnselen en voorwerpen, en het veel-godendom van de Grieken, het geloof aan éénen God bij de Joden

en Christenen liggen vele tusschen- en overgangstrappen, welke allen een getuigenis zijn van het verschil in de ontwikkeling van de volksziel bij verschillende volken.

Met den godsdienst gaat bij de volken de ontwikkeling van de kunst, in de eerste plaats die van de beeldhouwkunst en van de bouwkunst gepaard, welke niet alleen verschilt in een meer of minder hoogen graad maar in een zeer uiteenloopend karakter, men denke slechts aan Indische, Egyptische, Grieksche, Romeinsche kunstwerken. Zeer hoog staat de Grieksche kunst, wat zonder twijfel hierin ligt, dat de Grieken aan hunne goden menschelijke kwaliteiten toekenden en zich zelf met hun goden verwant gevoelden. Hoe wisten de groote Grieksche kunstenaars de beelden van hunne Goden met het kleed van de naakte schoonheid te tooien, hoe het bovenmenschelijke en menschelijke tegelijk in hunne karaktertrekken te bijtelen.

Hoe de verschillende christenen zich hunnen eenen God *voorstellen*, is moeilijk te zeggen.

Maar hoe verschillend de voorstelling van den God bij de christenen was en is; zoolang deze godsdienst in de ziel van het volk krachtig leefde, kon deze ook den kunstenaar bezielen, waarvan de Gothische kerken getuigen. Prachtgebouwen, welke het verkeer, zooals het post- en spoorwegverkeer of den handel in den vorm van beurzen en warenhuizen idealiseeren, zelfs paleizen van justitie, welke de macht van het recht verheerlijken, zijn geen bewijs, dat de macht van de religie bij het geheele volk nog even sterk gevoeld wordt, als ten tijde van den Gothischen kerkbouw.

Ook op het gebied van de dichtkunst staan de Grieksche dichters bovenaan.

De muziek schijnt eerst bij de nieuwere cultuurvolken tot haar hooge ontwikkeling gekomen te zijn.

Even uiteenloopend als de ontwikkelingsgang van de kunst bij verschillende volken is, geldt dit ook voor de taal, de gewoonten en zeden en ten slotte voor de gemeenschaps- en staatsvormen.

De ontwikkeling van een natuurvolk tot een cultuurvolk gaat steeds in grootere of kleinere golven, maar ook wel met sprongen. Zelfs blijft soms de ontwikkeling van een volk op een bepaald peil staan of gaat achteruit. Er zijn

tijdperken, dat bij elk, tot hooge ontwikkeling komend volk, personen optreden, welke als schitterende sterren in hunne geschiedenis en zelfs bij andere volken blijven voortleven.

Dikwijls wordt een tijdperk van bloei door een langer of korter tijdperk van stilstand of achteruitgang gevolgd of ook wel door stilstand op bepaalde cultuurgebieden en eenzijdigen vooruitgang op een enkel cultuurgebied. Voorbeelden hiervan zullen elken lezer voor den geest staan.

Deze ontwikkelingsgang van een enkel volk spiegelt zich af in het verschil van de ontwikkeling van de verschillende volken.

In een bepaald tijdperk van de geschiedenis trad het een of ander volk in eene groep van volken zoodanig op den voorgrond, dat dit volk de leiding der geschiedenis in handen hield, om zich deze later te zien ontglippen en in de handen van een ander volk over te zien gaan. Hoewel de geschiedsvorsching meer en meer bewijst, dat vele volken eenen bloeitijd van kunst en godsdienst en ook van wetenschap hebben gehad, is toch voor de ontwikkeling van de Europeesche cultuurvolken de invloed van de Grieksche kunst en literatuur verreweg de belangrijkste geweest.

Ik wil het onderwerp met de opmerking besluiten, dat volgens mijne zienswijze het kenmerk van het cultuurvolk hierin moet worden gezocht, dat het geheel van de leden van zulk een volk zulk een eerbied voor de Waarheid heeft, dat hieruit het volhardend streven voortvloeit, om de Waarheid te dienen, want God en Waarheid zijn twee woorden van gelijken zin.

IK LEEF.

Lichaam en ziel zijn eene eenheid, zoolang het menschelijk individu leeft. Het doel van dit leven is de samenwerking van beide, waardoor het lichaam tot een zoodanige ontwikkeling komt, dat de ontwikkeling van de ziel tot geest mogelijk wordt en de mensch zich als denkend wezen kan openbaren. Want het kenmerkende van het menschzijn is denken. In deze samenwerking is de ziel gedurende de jeugd van het individu van het lichaam in hooge mate afhankelijk. De verdere ontwikkeling van de ziel tot geest zal meer of minder eenzijdig zijn en kan in deze eenzijdigheid een hooge ontwikkelingstrap bereiken.

Genie is in het algemeen elk oorspronkelijke denker en denken en voelen zijn hier eene twee-eenheid. Immers slechts het *voelend* denken leeft, evenals eerst het *denkend* voelen waarde heeft. Geniën worden echter volgens de gewoonte slechts die individuen genoemd, wier oorspronkelijkheid van het denken resp. voelen zich zoo machtig openbaart, dat zij voorgangers worden voor andere denkers en als zoodanig zeldzame uitzonderingen zijn.

Het lichaam heeft in zijne ontwikkeling eenige gelijkenis met eene zich zelf opbouwende machine, welke het in haar gelegde plan in zich zelfstandig uitwerkt; het is dan ook op een zekeren leeftijd van het individu voltooid. De diensten, welke het lichaam aan den zich ontwikkelenden geest bewijst, houden dan ook eenigszins verband met het meer of minder „afgewerkt" zijn van deze levende, zichzelf opbouwende machine. Maar de ontwikkeling van den geest eindigt niet met het volgroeid-zijn van het lichaam, integendeel, in vele gevallen vertoont zijne ontwikkeling eerst dan zijne volle kracht, omdat het volgroeide lichaam hiervoor zijn volle diensten kan bewijzen. Treedt met het langer gebruik van het lichaam slijtage in, dan schijnt de ontwikkeling van den geest soms, maar geenszins altijd, ook te aftenemen. Dat de mate van ontwikkeling van het lichaam en die van den geest niet hetzelfde tempo behoeven te hebben, blijkt uit de soms betrekkelijk snelle ontwikkeling van den laatste, zoodat deze daardoor sterk mede-vormend op de ontwikkeling van het lichaam werkt.

Wat van de wederkeerige samenwerking van lichaam en geest voor het individu geldt, weerspiegelt zich in de samenwerking van verschillende individuen van een menschengroep bijv. van een volk. Ook van deze samenwerking is het doel de ontwikkeling van den geest tot den hoogsten graad, waarop trouwens reeds werd gewezen, zoodat ik hierop hier niet verder inga.

Eene vraag van groot belang, waarvan de beantwoording een helder licht werpt op het onderscheid van het lichaam en den geest, is deze, tot welken graad van ontwikkeling het lichaam en de geest kunnen worden gebracht.

Wat het lichaam betreft, hebben wij gezien, dat dit onwrikbaar vast zit aan grond en klimaat, zijne uitwendige omstandigheden.

Deze kunnen, zooals wij weten, wel door den mensch worden gewijzigd en hierdoor kan op de ontwikkeling van het lichaam invloed worden uitgeoefend, maar de macht van onzen geest is hier toch beperkt. Daarbij komt, dat ons de betrekking tusschen de quantiteit van het lichaam en de afmetingen van zijne organen aan den eenen, de ontwikkeling van den geest aan den anderen kant nog onbekend is. Zelfs al was het mogelijk, dat de wetenschap deze betrekking kon ontsluieren, dan is het nog de vraag, of dan de geest de natuur zoodanig zou kunnen beheerschen, dat het lichaam voor den dienst van den geest volkomener werd. Voorloopig heeft de wetenschap er zich toe bepaald, den dienst, welken het lichaam voor het weten kan bewijzen, te vergrooten door den bouw van instrumenten en werktuigen buiten het lichaam, waardoor de werking van de zintuigen wordt versterkt. De conclusie ligt voor de hand, dat de ontwikkeling van het lichaam steeds binnen enge grenzen zal beperkt blijven. Wel is er voor gezorgd, dat het kan volgroeien, omdat het een *eindig* bestaan heeft.

Eene andere vraag is het, of ook een volk noodzakelijk eindig is dan wel, of het bij machte is, zijn zelfstandig bestaan onbeperkt te verlengen.

De oplossing van dit probleem sluit in, dat dan de geheele menschheid tot eene veel-eenheid zou samengesmeed kunnen worden. De geschiedenis heeft tot heden geleerd, dat volkeren opkomen en vergaan en het is aan twijfel onderhevig, of de geschiedenis juist thans zulk eenen „draai" zal kunnen nemen, dat zich haar verloop in de toekomst essentieel zal wijzigen.

Oorlogen blijken barensweeën van de volken te zijn. Of zij in staat zijn, gezonde kinderen ter wereld te brengen, dan wel zoo vernietigend, dat moeder en kind beiden te gronde gaan, is niet te voorspellen, de geschiedenis zal op haren tijd daarover berichten. Maar de vloek van den oorlog is voor een volk soms een zegen geworden, door het ontzettend tijdelijk lijden is soms de knop opengegaan, die de daarin verscholen bloem verborgen hield.

Maar door oorlogen zijn ook volken vernietigd, niet alleen het menschelijk individu is soms wreed, ook de volken zijn in dezen zin individuen.

De volken zijn niet alleen aan grond en klimaat ge-

bonden, maar zij zijn vooral aan hunne taal, zeden, gewoonten en aan hunne staatsorganisatie zoo sterk gehecht, dat de menschelijke geest er niet gemakkelijk in slagen zal, de verschillen van hunnen volksgeest zoo zeer te vereffenen, dat botsingen tusschen de volken kunnen worden vermeden.

Voor de ontwikkeling van den geest van het individu is de grens niet te bepalen; de absolute geest is absoluut vrij, de geest van den eindigen mensch streeft naar de absolute vrijheid en de ervaring leert, dat het Ik (de veeleenheid van de menschen) deze zoover heeft kunnen benaderen, dat de absolute vrijheid althans kon worden gedacht en begrepen. De samenwerking van de leden van het volk is het middel, om den geest van zijne leden tot de hoogste ontwikkeling optevoeren. Tot welke hoogte deze opgevoerd zal kunnen worden, kan de groote massa van het volk wel niet beoordeelen, maar het cultuurvolk volhardt in deze samenwerking, omdat het er zich van bewust is, dat daardoor de geest van enkele individuen eene vlucht kan nemen, die zijne producten *onsterfelijk* maakt.

Vol bewondering voor deze onsterfelijke voortbrengselen, die het volk zelf heeft voortgebracht, wordt zijn geest mede omhoog getrokken en geeft deze zich over aan het geloof in den eeuwigen God, die geen voorkeur kent en elk mensch zijne genade wil schenken, die daarnaar werkelijk verlangt.

IK BEN, IK DENK (COGITO ERGO SUM I. E. COGITANS SUM, DENKENDE BEN IK.)

Het bewuste of onbewuste doel van den gemeenschappelijken arbeid van een volk is, de *waarheid* te *vinden* en haar te *openbaren* en het eenige middel, haar te vinden, is, haar door *denken* te begrijpen.

Met dit te erkennen, komen wij in de sfeer van het denken en wel in de eerste plaats van het eigenlijke, het zuivere denken, in de sfeer van de zuivere rede.

Door de beteekenis van het denken in zijne „Kritik der reinen Vernunft" in een helder licht te stellen, heeft de groote Noord-Duitsche philosoof EMMANUEL KANT zich voor alle eeuwen een monument gesticht. Het zuiver redelijke stelsel is dan doordacht door GEORG. WILH. FRIEDR. HEGEL, eveneens een Duitsche philosoof en wel een Zuid-Duitsche,

aan wien verscheidene latere philosofen de schuld geven, dat na hem de waardeering van de wijsbegeerte sterk is verminderd, terwijl zijne vereerders in hem den grootsten denker eeren, die ooit geleefd heeft. Het wederopleven van de wijsbegeerte in onzen tijd, zoo, dat men wel van eene wedergeboorte van KANT en HEGEL spreken kan, is een merkwaardig teeken des tijds, waarmede zich de vraag opdringt, hoe dit feit is te verklaren.

De waarheid openbaart zich in de cultuurwaarden van de menschheid: de wetenschap, de kunst, de religie, de vrijheid en het recht. Nu volgt op eenen bloeitijd van het cultuurleven van een volk, zooals reeds werd opgemerkt, soms óf een tijdperk van geheelen achteruitgang óf, als uitvloeisel van eene sterke arbeidsverdeeling, een krachtige openbaring van de een of andere der genoemde cultuurwaarden. Deze laatste eenzijdigheid van ontwikkeling kan het noodlot van menschelijke individuen en van volken worden en is de schaduwzijde van de arbeidsverdeeling. De machtige ontwikkeling van de natuurwetenschappen in de laatste eeuw laat ons zulk eene eenzijdigheid in een buitengewone mate aanschouwen, welke op eene merkwaardig grootsche ontplooiing van het verstand bij de beoefenaars van deze wetenschap berust.

De wijsgeeren, de diepzinnige denkers, zijn nu geroepen, om in het volk het bewustzijn wakker te schudden en te houden, dat het de taak van de samenleving is, de eenheid van de cultuurwaarden tot volle ontwikkeling te brengen, zoodat niet de een of andere zijde van de waarheid, maar de volle waarheid aan het licht komt.

Het is de groote verdienste van Hegel, dat hij, voortbouwende op Kant's „Kritik der zuivere rede", de rede zelve geheel heeft doordacht en de „absolute Idee", dus het absolute begrip, of de rede uit al hare momenten tot eene volkomen eenheid heeft opgebouwd. Hij heeft doorloopend het bewijs geleverd, dat het verstand *niet* de absolute Idee, de rede is, maar slechts een moment daarvan.

De ontwikkeling van de Idee gaat door het verstand heen en tot welke hoogte dit *moment* van de Idee zich ook moge ontwikkelen, het blijft een onvolkomene trap van het denken, tenzij de geest de verstandelijke grens doorbreekt, en tot het bewustzijn van de Idee zelve komt.

Hoewel ik de philosophie van Hegel op mijne, natuurlijk onvolkomene, wijze kan nadenken, ben ik stellig niet in staat, de diepe gedachten van Hegel op eene zoodanige wijze te zeggen, dat deze voldoende tot den lezer doordringen.

Niemand zal er aan twijfelen, dat, wie zich zelf tracht te begrijpen, een lang en moeilijk denkproces heeft te doorloopen.

Een gelijk denkproces heeft Hegel ter bereiking van zijn doel doorloopen en wel met het resultaat, dat hij zijn doel ten volle heeft bereikt. Ik kan dan ook niets beter doen, dan de belangstelling van den lezer op te wekken, Hegels „Phaenomenologie des Geistes" en de „Encyclopaedie der philosophischen Wissenschaften" te bestudeeren, zonder echter te verzwijgen, dat zulke diepzinnige onderwerpen, hoewel zij met buitengewone helderheid zijn geschreven, eene zeer moeilijk te verwerken denkstof zijn. In het volgende zal ik echter trachten duidelijk te maken, waarom Hegel's „absolute Idee" het doordenken waard is.

Van den mensch kan met recht worden gezegd, dat hij is een mikrokosmos, want hij is ondanks zijne nagenoeg absolute kleinheid in vergelijking met de geheele wereld toch het spiegelbeeld van den makrokosmos, en evenzeer een grootsch kunstwerk als de laatste. Daarom is het zijne roeping, de gedachte te vatten, welke in den makrokosmos tot ontplooiing komt, en deze gedachte in zijne werken te openbaren.

Ieder, eenigszins ontwikkeld, mensch is, wij herhalen dit, er zich onmiddellijk van bewust, dat hij eene tweeheid is van lichaam en geest. Nu zijn lichaam en geest eene tegenstelling, welke door het denkende Ik tot eene eenheid gebracht moet worden, zoodat deze tweeheid eene werkelijke, dus concrete, samengegroeide eenheid wordt. De ontwikkeling van deze tweeheid uit de onontwikkelde, ondoordachte eenheid (mensch), èn het wederom tot eenheid samendenken dezer beide momenten (lichaam en geest, of het uiterlijke en innerlijke) is *het* denk*proces*, dat de *methode* van Hegel is, de wijze waarop hij de *rede*, dus de absolute Idee heeft gedacht.

Het aantal tegenstellingen, dat de denkende mensch tegenkomt, is zeer groot. Zoo hebben wij voor het organisme de tegenstellingen „integratie en differentiatie", „assimilatie

en dissimilatie"; „differentiatie en modificatie" reeds leeren kennen. Een paar even belangrijke tegenstellingen zijn synthese en analyse, deductie en inductie. Zoodra ons denken voor zulk eene tegenstelling komt te staan, moet het trachten, deze tot eene eenheid te brengen en zoodoende de tegenspraak, welke daarin ligt, op te heffen. De tegenstellingen zijn door het *verstand* gefixeerde tegenspraken, welke door de *rede* worden opgeheven. Omdat elk werkelijk denkend mensch van zelf redelijk denkt, is de mensch ook in staat, tegenspraken te begrijpen, dus tot eene eenheid samen te vatten.

Ook de groote genieën op het gebied van de natuurwetenschappen zijn redelijk denkende menschen en hun groote genialiteit bestaat juist hierin, dat zij op hun gebied schijnbaar onvereenigbare tegenstellingen weten op te heffen. Het groote genie, dat het eerst het axioma heeft uitgesproken, dat de materie, in den zin van stof, niettegenstaande hare verandering, noch vermeerderen, noch verminderen kan, heeft alle mannen van de natuurwetenschappen gerust gesteld, indien hun blijkt, dat zij de stof niet absoluut nauwkeurig wegen noch meten kunnen.

In het voorafgaande heb ik den lezer trachten duidelijk te maken, dat het menschelijk organisme eene eenheid is van veelheden.

Dit is ten slotte de belangrijkste van alle tegenstellingen, want zij stelt het denken voor het probleem, dat wederom Hegel in zijn denkproces geheel heeft opgelost, om *alle veelheden*, dus die van de geheele werkelijkheid, tot *ééne eenheid* samen te vatten.

Ben ik er in geslaagd, den lezer eenig denkbeeld van de eenheid-veelheid van het menschelijk lichaam te geven, dan is hem gebleken, dat het mogelijk zijn moet, de eenheid-veelheid van dit organisme te denken, zonder dit lichaam *geheel* bestudeerd te hebben of geheel te kennen; dat de mensch gelukkig niet *alles* behoeft te kennen, om het wezen van het ding te begrijpen; en Hegel wist beter dan iemand anders, dat hij niet in het bezit was van de kennis van *alles,* maar hij heeft tevens bewezen, dat hij de absolute Idee en den absoluten geest kon denken en het weten van zijnen tijd omvatte. Ook van den menschelijken geest heb ik trachten aan te toonen, dat hij eene veelheid-eenheid is.

Het verschil tusschen de eenheid-veelheid van het lichaam en die van den geest bleek hierin te liggen, dat het lichaam heeft een grens, terwijl de geest zijne eigene grens stelt. De macht van den in het menschelijk lichaam zelf zetelenden, en dit tot eenen wonderbouw optrekkenden, bouwmeester hebben zij, die de erfelijkheidsleer hebben uitgewerkt, ten slotte in, wat men noemt, genen of factoren gelegd, waarvan enkele aannemen dat zij stof, andere dat zij misschien slechts energie zijn.

Ik heb voorgesteld, dat, wat voor eene *voorstelling* niet vatbaar is, potentialiteit te noemen.

Dit voorstel houdt tevens in, dat de door het verstand om het lichaam gelegde grens inzoover wordt opgeheven, dat als bouwmeester in het lichaam de Idee wordt gelegd, welke niet toelaat, eene grens te trekken tusschen stof en geest.

Vergelijken wij het denkproces van Hegel, waarbij het denken zelf tot het object wordt gemaakt, met het ontwikkelingsproces van het menschelijk lichaam, dan wordt het den lezer misschien duidelijk, dat het denk-proces van Hegel nagedacht kan worden.

Als inleiding van het weinige, wat ik hierover in het midden wensch te brengen, kan gezegd worden, dat het eenvoudigste haast altijd het moeilijkste is. Hoe vele menschen kunnen spitten en hoe weinige weten, wat zij doen. Om dit te weten te komen, moeten zij eene diepgaande studie van de landbouwwetenschap maken.

Ieder mensch denkt, want anders *is* hij geen mensch, en toch willen slechts weinige menschen zich de moeite geven, te weten te komen, wat zij denkende eigenlijk doen. Hun verstand verzet zich er soms zoodanig tegen, te weten, wat het denken is, dat het wijsgeerig denken eenvoudig als tijdverkwisting ter zijde wordt geschoven en de *wil* ontbreekt, om te weten te komen, wat denken is. Het verstand verzet er zich hiermede onbewust tevens tegen, om er over te denken, wat het *wezen* van de dingen — hieruit bestaat de geheele wereld -- in waarheid is, terwijl het verstand toch zich soms de grootste moeite geeft, om de waarheid te vinden.

Over Hegels denkproces, dat hij in de „Encyklopaedie der philosophischen Wissenschaften" ontwikkeld heeft, slechts kort het volgende.

Wat voor het „Ik ben" ten aanzien van den mensch onmiddellijk geldt, te weten, dat aan de existentie van het „Ik" geen de minste twijfel bestaat, heeft evenzeer voor „Ik denk" geldigheid. Cogito, ergo sum, denkend ben ik, zegt dan ook met recht, dat aan het denken evenmin twijfel bestaat, als aan het zijn van het Ik.

Iedereen zal nu toestemmen, dat het woord menschelijk lichaam op zich zelf zonder inhoud is en dezen laatsten eerst daardoor heeft verkregen, dat de mannen van de wetenschap dit organisme hebben bestudeerd. Het resultaat van deze studie maakt het mogelijk, zich van het verloop van het ontwikkelingsproces daarvan tot zekere hoogte eene voorstelling te maken. Zoo verkrijgt ook het woord denken eerst daardoor inhoud, dat hierover zoodanig wordt nagedacht, dat de momenten van het denkproces van het begin tot het einde kunnen worden bepaald en zoodoende tot eene eenheid worden gebracht. Nu is het menschelijk organisme een natuurverschijnsel, wat door middel van de zintuigen waargenomen kan worden. Het object denken daarentegen is zintuigelijk niet waarneembaar en kan zoodoende slechts gedacht worden, wat alleen het denken als subject kan doen, dat hierbij dus actief werkzaam is. Den denkenden mensch kunnen de natuurverschijnselen aan den eenen, de zintuigen aan den anderen kant wel diensten bewijzen en zij doen dit feitelijk ook, maar denken kunnen de zintuigen toch niet.

Het resultaat van het denkproces van het denkend subject — hier dus de menschelijke geest, — is zoodoende de werkelijkheid, de objectieve zuivere gedachte, de Idee.

Hieruit volgt ten aanzien van de beide objecten onmiddellijk, dat het object van den natuuronderzoeker voor verreweg de meeste menschen eene veel grootere aantrekkelijkheid zal hebben, dan het object denken. Immers het organisme doet zich in duizenden afzonderlijke vormen voor, de onderzoeker heeft dus een grooten rijkdom van studiemateriaal en kan aan elk willekeurig organisme elk onderdeel daarvan nagaan.

Verder kunnen de natuuronderzoekers door samenwerking hunnen arbeid verdeelen, zoodat elke onderzoeker slechts een bepaald onderdeel van het organisme bestudeert. Hierdoor wordt de kans, dat het geheele ontwikkelings-

proces daarvan wordt vastgesteld, belangrijk vergroot.

Van het object denken bestaan in de natuur geene afzonderlijke vormen, er is slechts één denken, de menschelijke geest moet zich dus met dit eene object tevreden stellen. Wel kan de mensch zijn denkresultaat aan de gedachten van vroegere wijsgeeren toetsen of met andere denkers zijne gedachten uitwisselen, maar, om abstracten denkarbeid te verrichten, moet de geest tot eene zekere hoogte van ontwikkeling zijn gekomen. Daarom zal misschien de vraag worden opgeworpen, of het tenslotte wel verstandig is, over het denken zelf te denken.

Met het lichaam ontwikkelen zich de zintuigen, die een doel moeten hebben. Deze zijn niet voor niets gevoelig voor indrukken, welke de natuurverschijnselen op hen maken. Bovendien is het noodzakelijk, dat de mensch de natuurverschijnselen leert kennen, omdat deze kennis voor zijn lichamelijk en daarmede voor zijn geestelijk bestaan onontbeerlijk is.

De toenemende menschenmassa moet gevoed, gekleed worden enz.

De studie van de natuurwetenschappen en van de technische wetenschappen is ontzaggelijk nuttig geweest, want zij heeft de middelen aan de hand gedaan, de productie van goederen op elk gebied zoodanig te vergrooten, dat niettegenstaande de snelle toeneming van de bevolking van de cultuurvolken deze in hunne behoeften veel ruimer kunnen voorzien, dan in vroegere eeuwen.

„Wie ons (het menschdom) leert, 100 graankorrels te „verbouwen, waar vroeger slechts 75 groeiden, — want „*eten* is het begin van alle vrijheid — maakt zich minstens „even verdienstelijk als de diepzinnigste filosoof.

„Kant en Hegel waren ontegenzeggelijk groote denkers, „maar hun invloed op den loop der cultuurgeschiedenis is „niet zoo groot geweest als, die van Stephensen, Marconi „en tal van andere uitvinders".

Dit zijn woorden van een hoogstaand man, van een waren volksvriend, geuit met een diep gevoel van dankbaarheid voor iemand, H. J. Mansholt, die er feitelijk in geslaagd is, er toe mede te werken, dat het productievermogen van den grond is verhoogd.

Ik voor mij heb eerbied voor den vriend van het volk,

maar voor den persoon, welke genoemd productievermogen heeft verhoogd, heb ik vooral daarom grooten eerbied, omdat deze, hoewel man zijnde van de praktijk, ook was een man van de wetenschap, welke in dit geval werkte, omdat hij geloofde, dat de natuurwetenschap in staat is, ons de waarheid te openbaren.

Tegenover de hier aangehaalde woorden van een Nederlander plaats ik de volgende, in de „Nieuwe Rotterdamsche Courant" medegedeelde, volzinnen uit eene redevoering van den Engelschen minister van munitie (Addison): „De ontwikkeling van de fabrikatie van de munitie leert, „dat het de geschiedenis was van een opzet, die zich „geleidelijk heeft ontwikkeld tot een organisme, die ten slotte „in omvang evenzeer is toegenomen als in productievermogen. „Het was de geschiedenis en het inzicht van den scherpen „blik en den moed van Lloyd George. Het bouwen van „fabrieken voor nieuwe explosiefstoffen werd opgedragen „aan den Amerikaanschen ingenieur" . . . .

Wij zien, de natuurwetenschappen hebben de heerschappij van den mensch over de natuur ontzaggelijk vergroot, maar zij hebben de tegenstelling van goed en kwaad niet opgeheven.

De vraag, waarop het hier aankomt, is deze, of de wetenschap moet staan in den dienst van de productie van stoffelijke goederen, dan wel in dien van de waarheid, van het weten.

En nu bestaat er geen twijfel, dat het gewone voedsel niet de gelijke waarde heeft als het geestelijke en niet het *eten* het begin is van de vrijheid, maar het *denken*.

Ook de ware man van de natuurwetenschappen, evenals die van de toegepaste wetenschappen, stelt zich niet in den dienst van de productie van stoffelijke goederen, maar in dien van de wetenschap zelf. (Eventueele uitzonderingen in dezen tijd van nood mogen niet als tegenbewijs gelden.) Is hij ambtenaar van den Staat, dan ligt in den arbeid van het zoeken en verkondigen van het weten de hem door den Staat op een bepaald gebied toevertrouwde taak. En mocht hij zich door zijne eerzucht laten verleiden, lauweren te plukken, doordat hij zich in den dienst stelt van genoemde productie, dan verzaakt hij feitelijk zijnen plicht en geeft het volk steenen voor brood, ook mocht het volk, wat het wezen van de wetenschap niet volkomen

begrijpt, voor hem een gedenkteeken oprichten. Het laatste zal daarom zelden geschieden, omdat de ervaring leert, dat juist die mannen, welke het weten als zoodanig vermeerderen, de rijkste vruchten afwerpen voor de vermeerdering en de vervolkoming van de productiemiddelen.

Natuurlijk zal de beoefening van bepaalde takken van de wetenschap meer rechtstreeks invloed uitoefenen op de vermeerdering van stoffelijke goederen, de beoefening van andere meer op de vermeerdering van de geestelijke waarden van een volk, maar een volk, dat als doel van de wetenschap de productie van stoffelijke goederen op den voorgrond mocht stellen, zou daarmede het recht op den naam van cultuurvolk verliezen.

Elk cultuurvolk zal er echter naar moeten streven, dat de wetenschap tenminste in hare hoofdtakken wordt beoefend, want de eenzijdige beoefening daarvan kan ten gevolge hebben, dat het volk het doel van zijn leven en dat van den mensch in 't algemeen niet voldoende in het oog houdt. Mij schijnt het aan geenen twijfel onderhevig te zijn, dat ook de geschiedenis van onzen tijd bewijst, dat in het streven naar grooten rijkdom van stoffelijke goederen voor cultuurvolken groot gevaar schuilt.

Zij leert tevens, dat het voor elk cultuurvolk van de grootste waarde is, dat het geniale wijsgeerige denkers voortbrengt, die er op wijzen, dat niet de zintuigen, die ook bij dieren tot hooge ontwikkeling komen, maar het denken den mensch kenmerkt en zijn levensdoel hierdoor wordt bepaald.

Voor iedere persoon, welke het denken wil trachten te begrijpen, is nu Hegel daarom een zoo uitstekende leidsman, omdat deze voor het eerst het denken als subject-object geheel heeft gedacht.

Uitsluitend door het zuivere, vrije denken heeft hij dit denkproces voltooid. Het denken is dan absoluut vrij, wanneer het op geenerlei wijze staat onder de macht van de zinnelijk waarneembare wereld, en dus ook niet onder de macht van de zintuigen, dat het integendeel de laatste beheerscht en daarvan gebruik maakt als denkinstrument.

Hieruit zal de lezer wel niet afleiden, dat Hegel zijn lichaam weggedacht heeft of dat hij geen smaak voor het voedsel had. Hij was mensch als anderen, maar hij was in

dit opzicht een werkelijk vrije man, dat hij het zuivere denken wist vrij te houden van de heerschappij van zijn lichaam.

En slechts, wie de door dezen wijsgeer ontwikkelde Idee kan begrijpen, weet, wat het woord vrijheid in waarheid beteekent.

Hij was een zoo buitengewoon hoog ontwikkelde, tevens oorspronkelijke denker, dat hij alle momenten van het denken tot de eenheid van de Idee heeft gedacht, waaruit blijkt, dat de Idee hare momenten is.

De dialectische werkwijze van Hegel zij kort toegelicht aan de Idee als het algemeene bewustzijn.

Het *onmiddellijke* bewustzijn is het bewustzijn van het onmiddellijke, het rechtstreeks tegenwoordige. Het standpunt, door dit onmiddellijke bewustzijn ingenomen, is, dat het *is* door de werkelijkheid, zoodat het onmiddellijk gegevene de inhoud van dit bewustzijn is. Voor hem, die het bewustzijn denkt, is echter niet het onmiddellijk gegevene, maar het door het denken bemiddelde, het werkelijk zijnde. Slechts het denken brengt ons tot de ware werkelijkheid.

De tegenstelling van het onmiddellijke bewustzijn is het eenzijdig gedachte, enkele (abstracte) bewustzijn. De Idee, de rede, gaat nu uit van het onmiddellijke bewustzijn, negeert dit echter en komt zoo tot het eenzijdig gedachte. Maar dit laatste wederom negeerende, keert het tot het onmiddellijke terug, zoodat het zoo, door het denken bemiddelde, algemeene bewustzijn de tegenstelling opheft. Door de bemiddeling van het denken wordt dus het onmiddelijk gegevene eerst het werkelijke.

Dit eenvoudige logische betoog zal misschien door de volgende toelichting voor den lezer duidelijker worden.

Tusschen de rede en het verstand bestaat inzoover onderscheid, dat het verstand slechts een moment van de rede is, evenals de arm van een hefboom nog niet de geheele hefboom maar daarvan slechts een moment is.

De menschen denken nu in 't algemeen verstandelijk, in plaats van redelijk. Het verstand werkt met voorstellingen, bijv. de voorstelling: rund. De voorstelling op zich zelf is nog *niets*. Het verstand tracht er daarom een begrip (verstandsbegrip) aan te verbinden en noemt een bepaalde voorstelling dan zelf een begrip bijv. plant, boom, paard. Het verstand wordt dus door de voorstelling als „niets" niet bevredigd, zoodat het niets van de voorstelling *wordt*:

iets, iets bepaalds, reëels. Zoo is de voorstelling kiemcel van iets bepaalds, reëels. Feitelijk is de bepaaldheid van de kiemcel slechts iets negatiefs, dus de kiemcel is *geen* steen of huis. Nader bepaald is nu de kiemcel als iets t.w. begin van een organisme. Zoo wordt de kiemcel eikenboom-kiemcel, roode-klaver-kiemcel, windhond-kiemcel enz., de veel-eenheid kiemcel. De eikenboom-kiemcel ontwikkelt zich nu tot den eikenboom zelf, tot de eenheid van de veelheid wortels, stam, takken enz., m.a.w. het denken ontwikkelt het begrip kiemcel tot het begrip eikenboom.

De (zuivere) rede werkt niet met voorstellingen, maar uitsluitend met geheel algemeene denkbaarheden, welke ook wel kategoriëen (redebegrippen) worden genoemd. Feitelijk zijn deze echter, zooals bijv. het „verstand" en ook de „voorstelling", slechts momenten van de rede, welke laatste, als de eenheid van hare momenten, dan *het* begrip, *de* kategorie is.

Als voorbeeld, hoe door een denkproces de elkaar opvolgende momenten van de rede tot de eenheid Idee kunnen gedacht worden, volgen wij Hegel, door dit denkproces te beginnen met het begin, de kategorie „*zijn*".

Als slechts geheel algemeene, abstracte denkbaarheid is het zijn *niets* (niet zijn). De tegenstelling van het zijn als niets en het niets als zijn wordt (door het denken) opgeheven tot het *worden*, waardoor het zijn als niets wordt gereflecteerd in het zijn als *iets*, het gewordene („Dasein").

Het zoo gewordene is bepaaldheid, kwaliteit in 'talgemeen, welke tevens realiteit is, bijv. de voorstelling paard of boom heeft als bepaaldheid realiteit. Zijn, als bepaald zijn, is verstandelijk gedacht een ander zijn, iets op zichzelf (Ansichsein). Maar als ander zijn is het „iets" in betrekking hiertoe eveneens anderzijn; zoo is dus anderzijn, anderzijn, dit wederom anderzijn enz., anderzijn is dus eene continue discontinuiteit. Wij hebben dus hier het begrip veranderlijkheid.

Nu is iets als bepaald-zijn *geworden* uit het algemeene onbepaalde zijn, zoodat voor het redelijke denken het zijn en anderzijn één zijn is (Fürsich).

Maken wij nu in ons denken een zoo grooten sprong, dat alle algemeene denkbaarheden tot de eenheid „absolute Idee" zijn samengedacht. Denken wij ons dan verder de Idee geopenbaard als de werkelijkheid en dat de Idee als

subject deze werkelijkheid aanschouwt, dan begrijpen wij, dat deze werkelijkheid aan de Idee onmiddellijk te aanschouwen geeft de differentiatie en de modificatie.

Het zijn, dat door het worden veranderd is tot anderzijn, is slechts gemodificeerd, maar inzoover dit *iets* typisch verschilt van het anderzijn, is het gedifferentieerd.

Modificatie en differentiatie zijn zoodoende in wezen één.

Denken wij ons het subject Idee vervangen door een menschelijk individu, dat door middel van zijne zintuigen de werkelijkheid aanschouwt en, haar aanschouwende, zich afvraagt, hoe het gewordene, hier de natuur, wel mag zijn geworden?

Zulk een individu zal het geheel algemeene, nog onbepaalde zijn van de natuur zich kunnen voorstellen als eene oneindige vloeistofmassa, welke door hare golven als de veranderlijkheid van de vloeistofmassa duidelijk waarneembaar wordt. De golven zijn dan niets anders dan een modificatie van de vloeistof. De vele golven, waarvan iedere eene golf op zich zelf is, zijn even vele modificaties van „de golf".

Maar groepen van golven kunnen van andere groepen ook typisch verschillen, bijv. de golven van de zee en van die van de rivieren en deze typische verschillen zouden wij differentiaties noemen.

Met de hier gedachte, steeds in beweging zijnde, vloeistofmassa heeft het organisme als de eenheid van de veelheid der organismen groote overeenkomst.

Het ééne organisme manifesteert zich in de veelheid van zijne individuen, welke de potentialiteit in zich hebben tot het worden van hunne nakomelingen. Elk individu vertoont, zich ontwikkelend, zijne differentiaties en modificaties. Groepen van deze individuen zijn echter wederom typisch verschillend van andere groepen en als zoodanig differentiaties (resp. modificaties) van de eenheid organisme.

Het spreekt van zelf, dat Hegel den grooten sprong niet heeft gemaakt, maar de Idee stap na stap als denkproces heeft ontwikkeld. Na dit gedachtenproces terugkeerend, zagen wij, dat de vele iets als anderzijn door hun bepaaldzijn elkaar afstooten en zoodoende elkaar uitsluiten, maar als één zijn van de vele iets omgekeerd elkaar aantrekken.

Het zuivere zijn is zoo *quantiteit*, waarvan de qualiteit

(bepaaldheid) niet meer als één met het zijn gesteld is, maar als opgeheven dus als onverschillig.

Quantiteit (als algemeene denkbaarheid) is in zich continueerlijk, maar als eenheid van het vele discreet.

Hoewel voor de quantiteit de qualiteit onverschillig *gesteld* is, ligt deze toch *in* haar en wordt de quantiteit zoo als begrensde (bepaalde) quantiteit: *quantum*. Volkomen bepaald is de quantiteit in het getal. Het quantum, als een geheel met zijne grens, is één. In zich veelvuldig is de grens extensief, echter als eenvoudige bepaaldheid *graad*. Het qualitatieve quantum is de *maat*.

Omdat het geheele denkproces van Hegel hier na te denken, natuurlijk niet de bedoeling zijn kan, wil ik de volgende kategorieën nog slechts opnoemen. Op de kategorie van het zijn volgt de belangrijke kategorie van „het *wezen*".

Het wezen is positief identiteit, negatief onderscheid, dus gelijkheid en ongelijkheid in één. Als zoodanig is het wezen de grond van de *existentie;* de totaliteit van de bepalingen van het wezen en de existentie is het *ding;* het zijn, resp. het bestaan van het ding is de *materie*.

Als toelichting kan hier dienen, dat het natuurding „paard" positief met zich identisch is, want elk paard beantwoordt aan de voorstelling: paard. Maar in deze voorstelling ligt tevens het onderscheid als negatie van de identiteit, want ieder paard onderscheidt zich van elk ander paard.

Als de eenheid van zijne vele eigenschappen is het paard materie, *hier* gedacht als waarneembare.

Het wezen moet *verschijnen*, en de onmiddellijke eenheid van het wezen en de existentie is de kategorie, de *werkelijkheid*. Het „paard" evenals elk ding (stoel, boom, boek enz.) moet, om voorstelling te worden, verschijnen, dus voor den waarnemer komen te staan als de onmiddellijke eenheid van zijn wezen en zijne existentie. Het innerlijke (het wezen) van de voorstelling paard manifesteert zich uiterlijk als het natuurverschijnsel paard.

De kategorie „*het subjectieve begrip*" brengt ons tot het oordeel, waarin het bijzondere met het algemeene wordt verbonden.

„Ik ben" beteekent, dat ik, het bijzondere, is „zijn", het algemeene.

In het oordeel: God is het absolute, is God het bijzondere,

het absolute het algemeene, beide zijn de ééne Idee.

Het is zonder twijfel belangrijk, dat wij er ons van bewust zijn, dat het subjectieve begrip de twee momenten, het bijzondere en het algemeene, met elkaar verbindt.

De mensch is sterfelijk, zegt bijv. wel niets anders, dan dat elk mensch eindig is, maar over dit oordeel nadenkende, komen wij tot de conclusie, dat alle organismen en verder dat alle verschijnselen van de natuur eindig zijn. Nadenkende over het oordeel: de eigenaard van den mensch is erfelijk, doet ons besluiten, dat de eigenaard van alle organismen erfelijk is, dat dus het erfelijk zijn van de organismen het kenmerkende is van *het* organisme, dat de erfelijkheid is het onveranderlijke in de voortdurende verandering van de vormen, waarin het organisme verschijnt. Het eindige getuigt hier van het oneindige en het ware oneindige is het Idee.

De kategorie, het *object*, omvat het mechanisme, het chemisme en het doel, natuurlijk uitsluitend als denkbaarheden.

De Idee zal de lezer kunnen begrijpen, wanneer hij haar vergelijkt met haar spiegelbeeld „den mensch", welke onmiddellijk is: (zijn) leven, dat zich manifesteert als de wisselwerking van zijn lichaam en zijne ziel. De zich hierdoor ontwikkelende ziel komt tot de kennis — de wetenschap — van het wezen van dit proces en tot den wil, het doel van het laatste, „het *goede*", te bereiken. Dit doel is, dat de mensch de waarheid tracht te vinden en deze in zijn handelen te dienen. De Idee is als begrip de ziel van haar lichaam, de waarneembare wereld. Zij is onmiddellijk: *leven*, omdat de wisselwerking tusschen het begrip en de wereld geheel en al het begrip openbaart en alle bepalingen van de waarneembare wereld reflecties zijn van het begrip.

Het erkennen van de Idee is, dat zij de waarneembare wereld aanschouwt als „haar werk". Naast het erkennen, als het onderscheiden en vereenigen van de tweeheid begrip en waarneembare wereld, openbaart zich haar *willen* als het *goede*, dat namelijk de wisselwerking van deze tweeheid (middel en doel) eene volkomen eenheid blijft.

De subjectieve Idee, zegt Hegel, heeft, als eenvoudigen inhoud het goede; zij wil de wereld als doel begrijpen en wel als doel voor resp. van het denken.

Het denken, het geheele denkproces doorloopend, denkt zich als subject-object, dus als de absolute Idee en openbaart zich verder als de natuur- en geesteswereld, welke laatste Hegel in zijn denkproces onwikkelt in het II en III deel van zijne Encyclopaedie als „Naturphilosophie" en „Philosophie des Geistes."

Wie in dit, waarlijk geweldige denkproces ook slechts eenigszins in te dringen, in staat is, kan begrijpen, dat voor Hegels navolgers de absolute Idee de waarheid is en zoodoende geheel vergelijkbaar is met den God van de christenen, zoodat het geloof van de laatsten aan hunnen God niet vaster zijn kan, dan het begrip van de Hegelianen van de absolute Idee.

Hegel denkt God, voor hem is de absolute Idee het God *weten*, waardoor het dualisme door het monisme wordt vervangen, terwijl de christen in God gelooft, omdat hij, God te weten, voor ondenkbaar houdt.

Er is wel beweerd, dat de wijsbegeerte van Hegel reeds daarom de ware niet zijn kan, omdat deze gemeend heeft, de geheele wereld met zijn weten te kunnen omvatten.

Hier bestaat zonder twijfel misverstand. Wie Hegel's denkproces, dat toch niets anders bewijst, dan dat de wereld slechts door het denken is te begrijpen, voor juist houden, beweren daarmede niet, dat Hegel den geheelen inhoud van alle wetenschappen in zijn hoofd had, wat Hegel stellig ook van zich zelf niet heeft beweerd.

De uitspraak van eenen grooten denker, dat de mensch, naarmate hij meer weet, wat hier zeggen wil, meer kennis bezit, volkomener beseft, dat hij niets weet, moet niet zoo uitgelegd worden, alsof de mensch feitelijk niets weet, dus geenerlei kennis bezit.

De mensch WEET niet alleen, maar hij *kan* ook zeer veel, meer dan eenig ding op deze aarde en waarschijnlijk zelfs meer dan eenig ding op de wereld, in zijne nietigheid is hij een reus. Dit niet te erkennen, zou een bewijs zijn van groote ondankbaarheid tegen alle die menschen, welke in den loop van de geschiedenis van beteekenis zijn geweest voor de ontwikkeling van den menschelijken geest en tegen hen, die dit thans zijn. Trouwens deze ondankbaarheid bestaat bij de menschen in het algemeen ook geenszins. Het is zonder twijfel waar, dat er bij de

oude volken denkers hebben geleefd, welke hooger stonden, dan groote denkers van den tegenwoordigen tijd, maar daaruit volgt niet, dat de wetenschap niet is vooruitgegaan. Wij beleven heden nog den reusachtigen vooruitgang van de natuurwetenschap, welke de laatste eeuw kenmerkt, waarmede tevens de macht van den mensch over de natuur verbazend is toegenomen.

Wie de tegenwerping maakt, dat deze reusachtige vooruitgang van de natuurwetenschap eindigt met de geheele ineenstorting van de beschaving, met eene reusachtige slachting van menschenmassa's en met eene ongehoorde vernietiging van kunstschatten van de hoogste waarde, mag hiervan de schuld niet geven aan de hoogstaande mannen van de wetenschap. Veeleer zal deze wel gezocht moeten worden bij de aanhangers van het platte materialisme, welke knielen voor den mammon, en bij die eerzuchtigen, welke, door valsche eigenliefde gedreven, hunne medemenschen weten te misbruiken voor onredelijke, egoïstische doeleinden.

Wat aan de vertegenwoordigers van de wetenschap, welke laatste de leidster moet zijn van het volk en van de menschheid, misschien wel is te verwijten, is, dat zij niet voldoende geslaagd zijn in de opvoeding van de menigte, waardoor de débâcle misschien had kunnen worden voorkomen, of beperkt, wat wel hieruit blijkt, dat de leiders van de menigte deze oproepen, om zelf de leidsels van den staat in handen te nemen.

Deze schuld kunnen de vertegenwoordigers van de wetenschap niet geheel afwentelen op de geestelijkheid, welke de macht van het geloof niet heeft weten te bewaren in de harten van de menigte, welke, buiten staat zijnde, de wetenschap te begrijpen en daaruit haar levensideaal te putten, het ideaal, dat de groote lijder aan het kruis van Golgotha getracht heeft, in de harten van de menschen tot leven te wekken, heeft verloren.

Zullen de denkers van onzen tijd in staat zijn, de dubbele taak te vervullen, om de grenslijn, welke de natuurwetenschap en de wijsbegeerte van elkaar scheiden en deze tot eene schijnbaar niet te vereenigende tegenstelling maakt, op te heffen, en aan de menigte het geloof in Christus als hun ideaal terug te geven?

Het verschil van Hegels absolute Idee en den God van

de christenen ligt hierin, dat de laatsten zich God als persoon voorstellen, terwijl voor de eerste de Idee God is. Maar de christenen houden feitelijk hun Godsbegrip niet vast, omdat alle attributen, welke zij aan hunnen persoonlijken God toekennen, absoluut zijn, zoodat de laatste toch eigenlijk het tot eene persoon vervormde Absolute is. De attributen van God zijn bij Hegel de momenten of kategorieën van de Idee, zoodat God in het bezit is van de absolute attributen, terwijl de absolute Idee hare momenten is.

God is de schepper van de wereld, waarin Hij zich aan den mensch openbaart, terwijl de Idee zich zelf openbaart als de werkelijkheid. In het bezit van het absolute denkvermogen is het wereldplan Gods oorspronkelijke gedachte, het wereldgebouw getuigt van Gods eeuwig *leven*, zoodat het niet een dood iets is, maar een in alle zijne deelen levend geheel, dat aan God zelf en aan den mensch de absolute schoonheid te aanschouwen geeft als leven en levenwekkend, zoodat zij den kunstenaar bezielt, om den Schepper te eeren, zij het met zijn kunstwerk van de stof of in zijn kunstwerk van de gedachte, beide met het kenmerk van de oorspronkelijkheid.

Evenals God is de Idee het absolute, wat denken, leven en aanschouwen betreft, en deze openbaart zich geheel als dezelfde wereld, waarvan de christenen God als schepper eeren.

God is verder absoluut vrij in zijn denken en onbeperkt in zijne macht, om de wereld te dwingen, hem te openbaren naar zijn gebod.

De Idee is de vrijheid zelf en zoodoende eveneens absoluut onafhankelijk. Hieruit volgt, dat de waarneembare wereld, waarin zij zich openbaart, van haar absoluut afhankelijk moet zijn. Immers de minste mate van onafhankelijkheid van de wereld zou de absolute vrijheid van de Idee, als welke de wereld zich openbaart, in dit opzicht afhankelijk maken en de Idee was niet meer de absolute.

De afhankelijkheid van de wereld in al hare verschijnselen is de noodzakelijkheid, welke zich als de wet aan den mensch openbaart.

De Idee is nu echter de zuivere rede, dus de zich zelf denkende gedachte, de wereld de openbaring van de gedachte, zoodat deze in alle hare verschijnselen *gedacht*

moet kunnen worden, de verschijnselen zoodoende onmachtig zijn, grenzen aan het denken te stellen.

Het verstand, hetwelk zich onder de volstrekte heerschappij van de zintuigen plaatst en de macht van deze nog door allerlei hulpmiddelen heeft vergroot, erkent de stoffelijke wereld als eene *slechts* zinnelijk waarneembare en stelt zich zoodoende eene grens, die niet redelijk is, en daarom het zien van de volle waarheid in den weg staat.

De vrijheid van de Idee is absoluut, en zoo heeft zij in de wereld eene onbegrensde differentiatie gelegd en daaraan de modificatie gekoppeld, zoodat zij ons een overstelpenden rijkdom van verscheidenheden geeft te aanschouwen.

Hoewel nu de momenten van de Idee van elkaar en van de eenheid absoluut afhankelijk zijn, schijnt bij hare openbaring voor het verstand, dat elk onderscheid vasthoudt, in de natuur elk moment zijn eigen weg te gaan, zoodat de eindige dingen altijd en overal toevallig tegen elkaar botsen.

Zoodoende heerscht in de waarneembare wereld het toeval evenzeer als de noodzakelijkheid. Zoo wordt de wet in den zin van noodzakelijkheid gedwarsboomd door de wet van het toeval; noodzakelijkheid en toeval zijn eene tegenstelling, welke het verstand evenmin bij machte is, op te heffen, als het de, bij het organisme zoo duidelijk sprekende, substantialiteit en accidentaliteit tot eenheid weet te brengen.

Is het weinige, wat hier van de Idee is gezegd, slechts een product van de phantasie, of is het in overeenstemming met de werkelijkheid, in den zin van de waarheid? Is het laatste het geval, dan is daarmede bewezen, dat de phantasie ook een moment van de Idee moet zijn, indien de phantasie hier dan ook een ander karakter heeft, dan het haar gewoonlijk toegekende. Zij wordt dan gedachtenverbeelding in plaats van die van voorstelling.

Denken is oordeelen, wat het bijv. doet in het oordeel „Ik ben", wat eene verkorting is van het oordeel cogito ergo sum, denkende ben ik.

Nu zal de lezer zeggen, dat het oordeel „Ik ben" van zelf spreekt, omdat geen mensch de juistheid daarvan in twijfel zal trekken. Toch heeft deze korte volzin, zooals wij zagen, eenen zoo omvangrijken inhoud, dat, wie dezen inhoud geheel kan doordenken, de waarheid gevonden

heeft. Het eenvoudigste, het onmiddellijk ware, blijkt ook hier tevens het diepzinnigste te zijn.

Het eenvoudige is voor ieder direct aannemelijk, het diepzinnige van het eenvoudige te kunnen doordenken, is het voorrecht van slechts enkelen. Daarom *weg* met de rede, de absolute Idee; de mensch heeft aan voorstellingen en verstandsbegrippen genoeg. De gewone man zal dan echter misschien zeggen, *weg* met de wetenschap, indien zij ons toch de waarheid niet kan brengen. Laten wij ons toch niet wijsmaken, dat de werkelijk ontwikkelde mensch er ooit vrede mee kan hebben, dat hij zijn denken geheel willekeurig verder beperkt, dan noodig is. De twijfel betreffende deze willekeurige beperking laat hem geen rust, en zoo vervolgt de verstandige mensch den door hem gekozen weg, om de waarheid alleen met het verstand te vinden, in de hoop, dat deze eenzijdigheid hem in elk geval nader tot de waarheid zal brengen.

De physicus, de chemist, de aardrijkskundige, maar ook de jurist, de taalkundige enz., zij allen graven zich in hunne wetenschap in, zij graven er dieper en dieper in door, want vinden zij zelf ook de waarheid niet, dan helpen zij toch, door zich te beperken — de eisch van arbeidsverdeeling ís er nu eenmaal — er toe mede, door hun gezamenlijken arbeid de waarheid naderbij te komen, wat geschiedt, indien „het instinkt van het denken" het een of andere genie doet geboren worden, dat, in plaats van analytisch, synthetisch werkt en de resultaten van de vele, in verschillende richting werkende, wetenschappelijke krachten samenvat tot een algemeen resultaat. Dit algemeene resultaat wordt dan wederom een nieuwe prikkel tot arbeidsverdeeling, want de mensch is nu eenmaal een eindig wezen. Daarom is dan ook de samenwerking van het geheel dezer eindige menschen noch in staat, den totalen inhoud van de wetenschap in haar geheel, noch van elken tak daarvan, bloot te leggen.

Het probleem, dat in deze verhandeling is gesteld, komt hierop neer:

Zijn de *zoogen:* genen, welke de veel-eenheid van het zich uit de kiemcel ontwikkelende organisme beheerschen, waarin integratie en differentiatie, assimilatie en dissimilatie, differentiatie en modificatie zich in evenwicht houden, — van

stoffelijken aard, of behooren zij tot het bovenzinnelijke, zoodat dit het wondergebouw van het menschelijke lichaam tot stand brengt en ons zoodoende de twee-eenheid van lichaam en geest als éénheid doet denken?

In de twee-eenheid lichaam en geest is het de, zich tot de vrijheid ontwikkelende geest, welke het lichaam heeft te beheerschen, ook indien hij aan dit laatste is geketend en het soms lang duurt, voordat de vrijheid hare vleugelen krachtig uitslaat. De macht van het lichaam moet echter worden gebroken, omdat de geest tot het bewustzijn moet komen, dat stof en geest één zijn, dat een (niet eenzijdig) monisme eene hoogere ontwikkeling beduidt, dan het dualisme.

De strijd tusschen geest en lichaam is wel bij elk, tot krachtige ontwikkeling komend, individu hevig, soms geweldig, omdat een volkrachtig ontwikkeld lichaam een voordeel moet zijn voor de ontwikkeling van den geest, welk „voordeel" in vele gevallen echter twijfelachtig is.

De nog niet tot bewustzijn gekomen vrijheid slaat soms teugelloos en woest om zich heen en sleurt het lichaam dan wel eens met zulk een geweld met zich mede, dat daarvan diens ondergang het gevolg kan zijn. Omgekeerd kan het lichaam zich zoodanig ontwikkelen, of ook door ziekten worden geteisterd, dat de geest in zijne ontwikkeling lam wordt gelegd.

De strijd tusschen geest en lichaam gaat van de individuën over op de door deze gevormde gemeenschappen en kan ook hier tot uitbarstingen komen, die dood en verderf brengen, zooals de tegenwoordige, ontzettende, oorlog bewijst, Na de uitbarstingen komen dan rustperioden, waarin de strijd omslaat in zijn tegendeel en tengevolge van samenwerking de ontwikkeling weer een kalmer verloop heeft. Het ontwikkelingsproces blijft echter altijd door voortgaan, omdat de eindige organismen een verschijnsel zijn van het oneindige.

Op de vraag, zijn er twee werelden of is er slechts ééne, heeft Hegel het antwoord gegeven, dat er slechts ééne is, de openbaring van de absolute Idee, of absoluten geest.

Op het gebied van de erfelijkheid luidt deze vraag, is het kind de ouders, of is het kind iets anders dan de ouders. Hegels antwoord zou mijns inziens luiden: het kind is de ouders in dezen zin, dat het kind en de ouders zijn eene

eenheid van onderscheidene, dus het onveranderlijke en veranderlijke in één.

Ieder man van de wetenschap zal het wel met mij eens zijn, dat zoowel de wijsgeeren als de mannen van de natuurwetenschap bewust of onbewust aanhangers zijn van het, zij het dan ook hier en daar eenzijdige monisme. De vele goden zijn tenslotte tot den eenigen God geworden, maar God en de wereld zijn hier nog twee en zullen dit ook blijven voor het verstand, tenzij het laatste zich *geheel* laat beheerschen door de zintuigen. Men mag daarom aan die menschen, waarvan de ontwikkeling van den geest ten gevolge van het toeval, dus van de omstandigheden, niet buiten de grens van het verstand komt, het geloof aan den eenigen God niet ontnemen, omdat men hen daarmede het geloof in de waarheid en de zedelijke kracht ontneemt. Voor den mensch, wiens denken tot hoogere ontwikkeling is gekomen, zal monisme ook het richtsnoer voor zijn zedelijk leven kunnen zijn.

Voor het verstand bestaat de wereld uit tegenstellingen, waaraan het onwrikbaar vast houdt. Het is de taak van de rede, om alle tegenstellingen tot eenheid te brengen. En de mensch zal, zoolang zijne geestelijke ontwikkeling voortschrijdt, er bewust of onbewust naar blijven streven, de absolute Idee, de rede, in hem tot bewustzijn te brengen.

De mensch is wel eene miniatuur-wereld, welke leeft in de groote wereld, den makrokosmos, maar ook hij is de openbaring van den oneindigen geest, en daarom mag aan zijne geestelijke ontwikkeling geene willekeurige grens worden gesteld.

Komt de mensch tot zelfbewustzijn, dan doet hij de ervaring op, dat hij niet tweeoogig, maar eenoogig is als de eenoogige cykloop Polyphemos uit de Grieksche Mythologie. Dit eene oog is het oog van eenen titan, namelijk van zijnen geest, waarmede hij zoo scherp en zoo veel kan zien, omdat het oog de beschikking heeft over de meest ingewikkelde instrumenten, waarmede alles nauwkeurig gewogen en gemeten kan worden, te weten zijne vijf zintuigen.

Of er nog een zesde zintuig bij moet komen, om absoluut nauwkeurig te kunnen wegen en meten, kan in 't midden worden gelaten. De geest heeft zich zelf een zesde zintuig geconstrueerd, waarmede hij de scherpte en het gebied

van zijn zien geweldig heeft vergroot. In zijn mikroskoop heeft hij een meer dan duizendvoudig vergrootglas, waarmede hij door het merg en de beenderen kan zien. In den verrekijker heeft hij een instrument, waardoor hij zeer veraf gelegen dingen kan zien. Het laatste instrument dient hem voor het bestudeeren van de groote wereld, het eerste voor de studie van de kleine wereld.

HET BEWUSTZIJN.

Wij staan in gedachte te midden van een groot gezelschap van medemenschen voor eenen, misschien duizendjarigen eikenboom met machtigen stam, zware knoestige takken, staande in zijn vollen bladerdos en in bloei, en, tot nadenken gedwongen door den machtigen indruk van den boom, vragen wij ons af, wat zulk een eikenboom toch eigenlijk is.

Dat deze boom op onze zintuigen indruk maakt, daarvan worden wij ons wel bewust. Maar de boom staat te dicht voor ons, om hem in zijn geheel te zien. Daarom gaan wij achteruit en worden gewaar, dat niet alleen de boom, maar ook de afstand op ons indruk maakt, want hoe verder wij achteruit gaan, des te kleiner wordt de boom. Den boom met aandacht aanschouwend, prenten zich de groote omvang, de lengte van den rechten stam, de machtige vertakking, de grootte en vorm van de bladeren en van de bloemen in ons geheugen. Wij slaan met den stok tegen den stam en hebben het gevoel, dat het duizendjarige leven van den boom diens hout ijzersterk heeft gemaakt, en wij *verbeelden* ten slotte bij den boom zijn, zonder twijfel uitgestrekt, wortelnet. Er ontspint zich onder de leden van het gezelschap een levendig gesprek over de indrukken, welke zij van dezen duizendjarigen eikenboom hebben gekregen, zij verduidelijken elkaar hunne wederkeerige indrukken, door elkaar op de eigenaardige schors van den stam, het knoestige van de takken enz. te wijzen, en wat de leden van het gezelschap, hoewel verscheidenen elkaar voor het eerst ontmoeten, in 't geheel niet merkwaardig vinden, maar wat toch wel merkwaardig is, is het feit, dat zij allen dezelfde indrukken schijnen te hebben en dat, indien de een den ander op iets attent maakt, de laatste den eersten direct begrijpt.

Er wordt zoo veel geschreven en gesproken over het

feit, dat geen twee individuen gelijk zijn, dat zij verschillend voelen en denken, zoodat het eene individu het andere niet kan begrijpen, ten minste niet ten volle, oppervlakkig natuurlijk wel. Het gaat hier zooals met haast elk individu, het kan zichzelf eigenlijk werkelijk niet begrijpen. Wie als toeschouwer het gezelschap aandachtig gade slaat, verkrijgt den indruk, dat bij de leden van het gezelschap het verschil van de voorstelling, welke zij zich van elk deel van den boom maken, kleiner is, dan het verschil en de grootte van de bladeren van den boom, die toch alle typische eikenbladeren zijn. Er zijn een paar leden onder het gezelschap, welke studie hebben gemaakt van plantkunde en die, terwijl het gezelschap in de schaduw van den boom zich neervleit, nu aan allen eene goedkoope les in plantkunde geven. Zij bespreken den anatomischen bouw van den stam, spreken uitvoerig over de bloemen en de vruchten, en vertellen over het leven in den boom enz. En nu blijkt, dat het verschil tusschen de leden grooter wordt; er zijn er onder, welke, aandachtig luisterend, den inhoud van de les meer of minder volledig in zich weten op te nemen, en allerlei verschijnselen, die zij niet zien, in den boom in te denken, terwijl anderen kalmpjes gaan indommelen, tot hun buren zeggende, dat zij niet gekomen zijn, om les te nemen, maar om van de natuur te genieten. De beschouwer van het gezelschap trekt de conclusie, dat allen desniettemin menschen zijn, zoodat uit dit oogpunt geen bezwaar bestaat, hen allen gelijk te noemen, en aan de verschillende individuen den gemeenschappelijken naam van „Ik" toetekennen. De dagelijksche ervaring leert, dat dit „Ik" over de menschelijke individuen als geheel en ten slotte over den geest in 't algemeen kan uitgebreid worden. Ik zal daarom in 't vervolg van *dit* betoog in den regel dezen naam voor het geheel van de individuen kiezen, bedoelend, dat zij als menschen allen identiek zijn. Ook de waarneming van den boven gestelden toeschouwer, dat het „Ik" een groot aantal „ikken", dus individuen bevat, die van elkaar verschillen in hun waarnemings- en begripsvermogen, bewijst, dat hier, zooals met betrekking tot de bladeren van den boom, de gelijkheid met de ongelijkheid is vereenigd. Er blijkt bij verder nadenken over deze ongelijkheid, dat zij neerkomt op een „meer of minder"

waarnemen, voorstellen en begrijpen, een verschijnsel, dat groote overeenkomst heeft met de bij het organisme besproken modificatie.

Alle ikken verkrijgen eene voorstelling van den eikenboom, maar het eene ik legt in die voorstelling zeer weinig in bijv. stam, takken, bladeren, schors enz., maar de botanicus legt, d.i. denkt, in den boom eenen rijkdom van voorstellingen, die, aan de hoorders geheel duidelijk te maken, vele lesuren zou vereischen, en waarvoor velerlei hulpmiddelen noodig zouden zijn. Als bij de tarweschoven, wordt het aantal ikken, dat nagenoeg niets van den eikenboom begrijpt, zeer klein, evenals het aantal, dat de lessen geheel begrijpt. Het aantal ikken met een gemiddeld begrip is betrekkelijk het grootste en het aantal, dat trapsgewijs meer of minder begrijpt, neemt geleidelijk af of toe. Ook het begrijpen vertoont de modificatie, al zal de kromme daarvan ook in dit geval niet wiskundig ideaal zijn.

Hier berust het begrijpen op het zintuig „de oogen".

Ligt nu dit verschil van begrijpen aan een verschil van den bouw van dit zintuig en wordt dit zintuig bij hem, wiens begrijpen door het bezoek van de school geleidelijk toeneemt, gedurende dit ontwikkelingsproces van het begrijpen allengs uitgebouwd en daardoor scherper en scherper? Kan deze uitbouw ook nog voortgaan evenals het begrijpen, wanneer het zintuig, na volgroeid te zijn, begint te verzwakken?

Het gezelschap wandelt door het bosch, waarin de eik staat, naar huis en luistert naar het gezang van de vogels. Ook hier hoort het eene ik scherper en voller dan het andere. Het is trouwens bekend, dat het eene ik met veel meer gevoel hooren kan, dan het andere, en ook veel beter het gehoorde begrijpen. De ooren zijn een niet minder belangrijk orgaan dan de oogen, ook hier vertoont zich een verschil in graad overeenkomstig het verschil in het begrijpen van het gehoorde. Wij kunnen de conclusie herhalen, het „Ik" is eene eenheid, hierdoor gekenmerkt, dat de vele hiertoe behoorende ikken hierin verschillen, dat hunne zintuigen verschillend scherp zijn, en dat zij verschillen in hun voorstellings- en begripsvermogen. Wij kunnen er de algemeene ervaring aan toevoegen, dat bij het eene ik het eene zintuig, bij het andere ik een ander

zintuig scherper, dus gevoeliger is — want alle zintuigen zijn immers gevoelszintuigen.

Feitelijk is het verschil in onderscheidingsvermogen bij verschillende ikken soms zeer groot. Gewone menschen kunnen een zeker aantal planten en dieren volkomen onderscheiden, maar, op den keper beschouwd, is dit aantal toch gering. Een plant- of dierkundige kan op zijn gebied soms bijna alle planten of dieren onderscheiden en daarvan groepen vormen, welke door onbepaalde grenzen zijn afgegrensd tegen andere. Maar ook van plant- en dierkundigen is het onderscheidsvermogen niet absoluut, wat o.a. hieruit blijkt, dat eene absolute grens tusschen planten en dieren niet is te trekken.

Tot den eikenboom en het gezang van de vogels terugkeerend, komen wij tot de vragen, hoe komen de boom, de vogel en zijn gezang tot het bewustzijn van het Ik, resp. van elk ik, en wat zijn de boom, de vogel en het gezang?

Aan de existentie van het bewustzijn van het Ik zal de lezer wel evenmin twijfelen als hieraan, dat de voorwerpen, welke het Ik zinnelijk waarneemt, onmiddellijke bewustzijnsinhoud zijn. Dat het actief werkzame van het bewustzijn hier het denken van het Ik is, wordt echter dikwijls in twijfel getrokken en misschien wel op grond van drie, althans voor mij, merkwaardige feiten.

Het eene verschijnsel is, dat het kind op het tijdstip van zijne geboorte nog geenerlei voorstelling heeft, terwijl het toch reeds negen maanden oud is. Van zijn bestaan en groeien gedurende negen maanden heeft het althans geenerlei herinnering. Schijnbaar begint het kind eerst op den leeftijd van 9 maanden te leven. Het leven, wat daarna met het lichamelijke begint, is het leven van de *ziel*, zonder hetwelk er dus noch bewustzijn, noch herinnering is.

Het tweede merkwaardige feit is, dat de ziel betrekkelijk spoedig eenen belangrijken bewustzijnsinhoud verkrijgt. Het onderwijzen van het kind door de ouders en later ook door den onderwijzer komt in hoofdzaak hierop neer, het kind het onderscheid van de dingen te leeren en het van de dingen voorstellingen te geven. Er zijn vele menschen, die zeer veel *gedacht* hebben en toch beweren, dat er geen ander denken is, dan in voorstellingen.

Het derde belangwekkende feit is, dat althans *schijnbaar*

het uitsluitend verstandelijk denken, dat bij voorstellingen blijft, den inhoud van onze kennis voortdurend heeft kunnen vermeerderen, en dat deze kennis onze macht over de natuur heeft vergroot.

Uit een opvoedkundig oogpunt is dit feit van groote beteekenis, omdat daaruit blijkt, dat elke geestelijke ontwikkeling, hoe gering deze ook moge zijn, de waarde van den mensch kan en moet verhoogen, indien de geestelijke ontwikkeling gezond is; waarmede ik zeggen wil, dat ook met de verstandelijke ontwikkeling van den mensch eene bepaalde ontwikkeling van zijn karakter gepaard moet gaan.

Dat niet alleen de gewone man, maar ook de meeste mannen van de wetenschap, hun denken zoo vast verbinden aan voorstellingen, vindt zonder twijfel zijne verklaring hierin, dat de voorstelling ons voldoende *schijnt* in te lichten over de werkelijkheid, hoewel de voorstelling daarvan nog niet het begrip, of het ware, van de werkelijkheid is.

Daarom kan den wetenschappelijken vorscher de voorstelling ook niet ten volle bevredigen. Maar de natuuronderzoeker volhardt in zijn eenzijdig denken en werken, omdat elke vermeerdering van kennis op dit gebied de macht over de natuur vergroot, en het resultaat van vele samenwerkende krachten ten slotte een genialen denker de „wet" kan doen vinden, waardoor eene groote groep van verschijnselen wordt beheerscht.

De boven gestelde vraag, wat de boom en het gezang is, heeft het Ik door de beoefening van wetenschap getracht op te lossen en het heeft gevonden, dat de boom door lichtgolven, het lied door luchtgolven, en wel door de bemiddeling van het oog en het oor, tot inhoud van het menschelijke bewustzijn worden.

Licht- en luchtgolven komen ergens vandaan, de laatste treffen het trommelvlies meestal direct, de lichtgolven treffen den boom, worden teruggekaatst en komen daarna in het oog. Niet de boom, maar de lichtstralen komen in het oog en hierdoor de boom in het bewustzijn. Terloops zij opgemerkt, dat slechts de teruggekaatste lichtstralen van een *deel*, bijv. van de helft van de boom-oppervlakte tegelijk in het oog komen, zoodat ook slechts deze tot de hersenen doordringen, maar niettemin is de boom in het bewustzijn de *geheele* boom.

Verder zij opgemerkt, dat het beeld van voorwerpen in den spiegel als lamp, stoel, huis voor hen, die niet nadenken, in het bewustzijn werkelijke, stoffelijke voorwerpen zijn.

De studie van de trillingsverschijnselen heeft eene geheele wetenschap voortgebracht en den mensch de macht gegeven, om van warmte, licht en electriciteit partij te trekken in de industrie, den handel en den landbouw.

Het denkende Ik heeft dus door waarnemen en combineeren vastgesteld, dat de betrekking van het licht tot den boom en tot het Ik het is, waardoor in het bewustzijn van het laatste een boom is komen te staan, welke geheel en al gelijk is aan den buiten het bewustzijn staanden boom. Hij is in het bewustzijn zoo vast, zoo blijvend komen te staan, dat, wanneer uit vruchten van den boom, waarvan wij willen veronderstellen, dat hij tot brandhout verwerkt werd en verbrand, nieuwe boomen opgroeien, het Ik onmiddellijk kan zeggen, dat deze boomen in eigenaard volkomen dezelfde zijn als de verbrande; de eigenaard van den boom is in het bewustzijn gebleven.

De wetenschap van de volkomen gelijkheid van den boom van ons bewustzijn met dien daarbuiten, is verkregen, door de vraag onder de oogen te zien, *wat* de boom, dien wij in ons bewustzijn hebben, eigenlijk is.

In de eerste plaats is de boom door plantkundigen in al zijne deelen onderzocht, eerst met het bloote oog en verder de anatomische bouw met het mikroskoop. De wetenschap van den boom is hierdoor zoodanig verrijkt, dat botanici in staat zijn, door de vergelijking van coupes-, die van stukken hout van een groot aantal boomen gemaakt en bewaard, of afgebeeld zijn, met coupes van hout van een willekeurigen, onbekenden boom, uit te maken, van welk soort boom de laatste coupes afkomstig zijn, ook al hebben de botanici den te bepalen boom nooit gezien.

Met deze zoo uitgebreide kennis van den boom nog niet tevreden, heeft het Ik den boom chemisch geanalyseerd. Daarvoor moest men natuurlijk met de wijze, hoe chemische veranderingen tot stand komen, bekend zijn en tevens weten, wat het resultaat is van een bepaald chemisch proces.

Zoo heeft de chemische wetenschap niet alleen de bestanddeelen van de natuurdingen leeren kennen, maar de

mannen van de wetenschap hebben daarmede wederom eene groote macht over de natuur gekregen, waarvan ook anderen partij kunnen trekken. De chemici zijn zelfs in staat, natuurdingen *voort te brengen*, welke zij in de natuur als zoodanig niet vinden als kleurstoffen, suikers, explosiestoffen, geneesmiddelen enz.

Het resultaat van den totalen wetenschappelijken arbeid van het denkende Ik is in geschriften, enz. vastgelegd, waardoor eene cultuurwaarde van eenen geweldigen inhoud is verkregen, welke aan de tegenwoordig levende menschheid en de komende geslachten eene buitengewone macht over de natuur geeft, mits de komende geslachten zorg dragen, dat zij de dan levende individuen tot eene zoodanige ontwikkeling weten te brengen, dat deze van de cultuurwaarden een behoorlijk gebruik weten te maken.

Denken wij over den inhoud van de natuurwetenschap na, dan komen wij tot de conclusie, dat de mannen van de natuurwetenschap zich van de natuurdingen *voorstellingen* hebben gemaakt, dat hun bewustzijnsinhoud dus voorstellingen zijn. Zij hebben de betrekkingen van de natuurdingen nagegaan, dus van de ponderabilia (weegbare dingen) en van de imponderabilia (onweegbare dingen) en van de wisselwerking tusschen de ponderabilia en de imponderabilia. Ook deze betrekkingen zijn in het bewustzijn betrekkingen van voorstellingen. Ook de gedachten zijn in het bewustzijn van de meeste menschen tot voorstellingen geworden, zelfs het absolute tot de voorstelling van eenen persoonlijken God.

Indien wij onderscheid maken tusschen het verstand en de rede, of de Idee, dan zijn voorstellingen de bewustzijnsinhoud van het verstandelijk denken.

Maar voorstellingen zijn, als gezegd, nog niet het *begrip*, en verder de Idee.

Het denkende Ik leidt uit de betrekking van zijn bewustzijn met de buitenwereld af, dat de boom *in* zijn bewustzijn de werkelijke boom is en de daarbuiten staande boom schijn, een natuurverschijnsel. Zooals wij reeds zagen, volgt het denkende Ik voor het verkrijgen van dit resultaat de dialectische denkwijze. Rekening houdend met het feit, dat de gewone mensch, welke over de evengenoemde betrekking niet verder nadenkt, voor zich de

gewisheid heeft, dat de boom van zijn bewustzijn de onmiddellijke, buiten het bewustzijn staande, boom is, moet ook het denkende Ik wel van deze veronderstelling uitgaan. De waarneming echter van den boom en het denken over de waarneming, ook het resultaat van de uitgebreidste studie, leert het denkende Ik, dat de buiten het bewustzijn staande boom geheel en al gelijk is aan den boom van het bewustzijn. De conclusie is dus, dat de boom van het bewustzijn de werkelijke is. Is het bewustzijn van het denkende Ik zich er eens bewust van geworden, dat de boom van het bewustzijn de werkelijke, de boom buiten het bewustzijn schijn, dus een natuurverschijnsel is, dan begrijpt het Ik tevens, waarom de boom in het bewustzijn *onvergankelijk* is, ook al gaat de buiten het bewustzijn staande boom zoo geheel te gronde, dat daarvan zelfs geen nakomelingen meer ontstaan. Opmerkelijk is hierbij, dat zelfs hoog ontwikkelde mannen der wetenschap zich van de dingen foutieve voorstellingen hebben gemaakt, welke dan door onderzoekers zijn verbeterd, die met een scherp waarnemingsvermogen een helder denken verbonden.

Wat van den boom geldt, heeft geldigheid voor de natuurverschijnselen in het algemeen.

Denken wij nu het denkende Ik zelf en diens bewustzijn, dan komen wij tot de conclusie, dat het Ik en zijn bewustzijn hetzelfde is; het denkende Ik is dus zelf zijn bewustzijn, zoodat het Ik door zijn denken tot zelfbewustzijn komt.

In elken mensch kan de geest tot ontwikkeling komen, maar de graad van de ontwikkeling daarvan is bij de verschillende individuen ongelijk hoog Bij Hegel is de geest voor het eerst tot zulk eene hoogte ontwikkeld, dat hij de Idee heeft kunnen denken; hij heeft zich dus kunnen denken, dat het denken als subject zich zelf als object denkt en dat de Idee — het subject-object — zich openbaart als de waarneembare wereld. In het denken van Hegel is het Ik geworden tot het algemeene zelfbewustzijn, het Ik is de grens van zijne eindigheid te buiten gegaan en heeft het oneindige gedacht. Dit oneindige, onveranderlijke en absolute is, de Idee.

Er is hier nog te releveeren, dat de mannen van de natuurwetenschap ons niet alleen eene voorstelling hebben gegeven van de wijze, hoe de natuurdingen zijn opge-

bouwd, maar, dat zij met betrekking tot de natuurdingen ons tevens eene voorstelling hebben gegeven, hoe deze bouw heeft kunnen en zelfs hoe hij volgens hunne opvatting heeft moeten tot stand komen. Zij hebben bewezen, dat elke verandering in de natuur een noodzakelijk verloop heeft, of zooals wij zeggen, aan bepaalde wetten is gebonden, zoodat elke natuuronderzoeker het resultaat van zijn onderzoek, elke denker op dit gebied het resultaat van zijnen denkarbeid aan deze wetten heeft te toetsen; echter ook *omgekeerd* de wetten aan zijn denken.

Voor het verloop van een groot aantal processen hebben zij verder eene algemeene wet kunnen vinden.

Het is natuurlijk niet mijn plan, om hier de wonderen, welke de mannen van de natuurwetenschap ons hebben onthuld, nader te bespreken; want deze maken tegenwoordig een groot deel van den inhoud van de wetenschap en van het onderwijs uit, en er is nog een zeer groot aantal mannen aan het werk, om op dit gebied het weten te vermeerderen. Wij zijn de groote, en ook de kleinere, denkers, welke de studie van de natuurwetenschap als hunne levenstaak hebben gekozen, dankbaar, want zij hebben — elk cultuurvolk erkent dit met groote dankbaarheid — aan deze volkeren groote diensten bewezen; ook dezen dienst, dat zij door het product van hunnen arbeid er indirect mede toe hebben bijgedragen, dat de bestaansmiddelen voor de volken enorm zijn vergroot, zoodat niet alleen de voortdurend aangroeiende menschenmassa behoorlijk kan worden gevoed, maar dat het daardoor ook voor elk individu, zooals wij zagen, tevens mogelijk wordt gemaakt, dat het zich althans gedurende een aantal jaren, geestelijk kan ontwikkelen, en dat een aantal menschen den tijd verkrijgt, zich aan de wetenschap en de kunst te wijden.

Ook de geniale denkers op het gebied van de natuurwetenschap zullen in de geschiedenis van de volken blijven voortleven.

Maar het arbeidsproduct van de mannen van de natuurwetenschap is voor het grootste deel het werk van het verstand, dat slechts een moment is van de rede, en niet reeds de rede als de eenheid van hare vele momenten, zelve.

Het verstandsbegrip brengt ons niet verder dan tot de betrekking tusschen voorstellingen, een onvolkomen begrip,

want in de voorstelling wordt alléén ingelegd, ingedacht, wat zinnelijk kan worden waargenomen.

Het is begrijpelijk, dat de natuurwetenschap meer en meer tot macht is gekomen en de heerschappij heeft verkregen over het voelen en denken bij de cultuurvolken in hunnen ontwikkelingsgang.

De natuurwetenschappen hebben natuurlijk volkomen recht van bestaan, maar er moet voor gewaakt worden, dat zij zich niet de alléénheerschappij verwerven.

De meeste mannen van de natuurwetenschap, zelfs de groote denkers, de groote genieën onder hen, hebben geen duidelijk begrip van het onderscheid van het verstand en de rede. Hadden zij dit wel, dan zouden zij geen scherpe grens trekken tusschen het natuurwetenschappelijk en het wijsgeerig denken, noch dit eenvoudig vereenzelvigen, zoodat alle wetenschap slechts natuurwetenschap zou zijn.

Het verstand is gekenmerkt door eene bijzondere wijze van denken, het wijsgeerige denken is het geheel algemeene denken en dit laatste alleen kan werkelijk vinden, wat de waarheid en de ware vrijheid is. Aan de waarheid en de vrijheid, d. i. aan de Idee, moet de alleenheerschappij worden toegekend.

Ik moet op het kenmerkende van de werkmethode van het verstand nog iets nader ingaan.

Het verstand werkt, zooals wij zagen, met de voorstelling, die op zich zelf ledig is, maar inhoud krijgt, doordat er alle waarneembaarheden, eveneens als voorstellingen, *in* geplaatst worden. In de voorstelling van den zich ontwikkelenden eikenboom moeten dus alle waarneembare dingen van deze ingeplaatst, dus ingedacht worden. Wie hiertoe in staat is, heeft den eikenboom geheel *gedefinieerd*. Het verstand zegt daarom ook: je moet van iets eene nauwkeurige *definitie* geven. De volledige definitie van eenen eikenboom is eene zeer lange beschrijving, die niet tot haar einde komt. Dit geldt van elk natuurding. Want wij zagen, dat men ten slotte terecht komt bij de kleinste „stofdeelen", die aan de waarneming ontsnappen, waardoor de beschrijving onvolledig blijft, tenzij deze deeltjes waarneembaar mochten worden. Wij belanden dus bij de *stoffelijke materie*, die *slechts* een gedachteding kan zijn, welke, als voorstelling vastgehouden, de grens is van het verstand.

De echte mannen van de natuurwetenschap zijn echte *materialisten*, de mannen van het redelijke, zuivere, denken daarentegen *idealisten*. Om in de voorstelling slechts die dingen in te plaatsen, welke er werkelijk in tehuis behooren, moet men alle dingen nauwkeurig *kennen*. Men moet dus de dingen analyseeren. De analyse is hier de eigenlijke werkmethode, hoewel ook wel eens gebruik gemaakt wordt van de synthese.

De mannen van de natuurwetenschap breken eerst de dingen van de natuur af, om deze dan weer op te bouwen. Omdat de geheele waarneembare stoffelijke wereld niet in eenen dag, ook niet in eeuwen afgebroken kan worden, bouwt men dat gedeelte, wat men door het afbreken goed heeft leeren kennen, zoo dit noodig of gewenscht is, wederom op en nu blijkt, dat men zelfs dingen kan opbouwen, welke in de natuur in 't geheel niet voorkomen, de mensch „schept" dus in dezen zin geheel nieuwe dingen, bijv. vele middelen, waardoor de mensch kan genezen. Sterven moet hij echter niettegenstaande alle geneesmiddelen ten slotte toch.

Wanneer de analyse tot zekere grens gevorderd is, komt het genie en maakt eene *hypothese*, waardoor het mogelijk wordt, een groot gebied systematischer te ordenen en de dingen duidelijker te zien en te gebruiken, en misschien nieuwe middelen of werkwijzen te vinden voor verdere analyse.

Deze geheele werkwijze bestempelt men met den naam van de *inductieve*, wat zeggen wil, dat men zich geene algemeene voorstelling maakt, voordat men de dingen waargenomen en bepaald heeft, welke waarnemingen het materiaal voor de voorstelling opleveren. De inductieve werkmethode is dan op alle wetenschappen overgegaan en heeft hier zonder twijfel zeer heilzaam gewerkt. Men vertelt dan *liefst* geene geschiedenis meer, die niet uit werkelijk waargenomen of geboekstaafde gebeurtenissen bestaat. Men bouwt geene taal meer op, zonder de klanken daarvan te kennen.

Maar de gewone mensch kan niet eerst het materiaal door analyse leeren kennen, voordat hij zich eene woning bouwt, die hem voor weer en wind beschut, hij kan niet eerst den grond en de plant in alle zijne deelen leeren kennen, voordat hij op zijnen grond planten verbouwt, om zich te voeden, hij analyseert niet eerst elke plánt, voordat hij deze eet, maar terwijl hij ze eet.

De bouwmeesters, welke groote kunstwerken bouwden, braken niet eerst kunstwerken af, om deze daarna weer op te bouwen. Het bouwplan wordt uit *niets*, dat is door het denken ontworpen, en dan naar dit plan gebouwd.

De wijsgeer begint ook uit het zijn als *niets*, dit wil zeggen alleen met zijn zuiver denken, het bouwplan, de absolute Idee, te denken en dan verder de geheele waarneembare wereld als gedachte op te bouwen.

Wel ja, zullen de mannen van de natuurwetenschap zeggen, dat kan wel een „ideaal" gebouw zijn, maar verder is het dan ook niets. Wij zelf, opgebouwd uit „vleesch en bloed", willen het wereldgebouw als werkelijk *gebouwd* zien; want het zal toch wel onmogelijk zijn, een bouwplan te maken voor een gebouw, dat na te zijn opgetrokken, hoewel zichtbaar, toch niets dan denkbaarheid zou zijn. Maar de mannen van de natuurwetenschappen mogen het resultaat van hun eigen arbeid niet verloochenen.

De coupes van een stuk hout stellen hen in staat, een geheelen boom vóór zich te zien en nauwkeurig te zeggen, uit welke materialen hij is opgebouwd.

Uit het juist geteekende plan van een betrekkelijk klein stuk van eene Gothische kerk kan een, van zijn vak behoorlijk op de hoogte zijnde, bouwmeester het plan van zulk eene kerk opmaken en de kerk laten bouwen. Indien de man van de natuurwetenschap werkelijk het *atoom kende,* waaruit ten slotte toch al zijne materie zal bestaan, dan zou hij niet alleen het bouwplan van de werkelijke dingen kunnen opmaken, maar naar dit plan de dingen in gedachte ook kunnen opbouwen uit onwaarneembare, dus slechts denkbare bouwsteenen en verder zelfs vele nieuwe gebouwen kunnen optrekken, wat hem reeds thans mogelijk is.

De wijsgeeren hebben er naar gestreefd, voor hun medemenschen het in de Idee liggende bouwplan van de wereld open en bloot te leggen en daarin is de groote denker Hegel, voortbouwende op zijne voorgangers, vooral op Kant, op wonderbaarlijke wijze geslaagd. Dit plan moet nagedacht worden, door het denken zich zelf tot Idee te doen denken. Het bouwmateriaal is dit denken zelf en uit het begin, dat nog geenen inhoud heeft, uit het leege zijn, trekt Hegel voor ons de lijnen van het bouwplan één voor één op, totdat het klaar voor onzen geest staat als

eene eenheid. Wie Hegel nabouwen wil, moet er zich voor wachten, in dit plan steenen te plaatsen, welke door het verstand als waarneembare *voorgesteld* worden en, indien hij dit al mocht doen, wat zonder twijfel eerst wel zal geschieden, moet hij trachten deze door zuivere gedachten te vervangen.

Zoo, Hegel nadenkende, bouwt hij zijnen *eigen* geest op tot het begrijpen van de Idee en slaagt er dan in, zijn eindig geestelijk bestaan nader tot het oneindige te brengen. Na dit moeilijkste van alle denkprocessen te hebben doorloopen, heeft Hegel de openbaring van de Idee gedacht en zoo voor ons het zichtbare, waarneembare, wereldgebouw wederom als gedachte opgetrokken en deze geweldige eenheid, dit oneindig groote ding, voor onze zintuigen neergezet; hij heeft voor ons geplaatst den in alle, zelfs zijne vaste deelen, doorzichtigen makrokosmos en den eveneens geheel doorzichtigen mikrokosmos, welke doorzichtigheid voor het geestelijke oog mogelijk is, doordat het heelal overal doortrokken is van den „geestelijken aether".

Dit gebouw van den geest, niet van den menschelijken, maar van den absoluten (oneindigen geest) slorpt alle waarneembare dingen in zich op, zonder deze echter voor den mikrokosmos onzichtbaar te maken.

En zoo brengt deze groote denker zijne medemenschen tot het bewustzijn, dat het eenige doel van den mensch hierin ligt, dat zijn geest zoover tot ontwikkeling komt, dat de absolute Idee in hare concreetheid wordt begrepen, of daaraan wordt geloofd, wat de menschen bewijzen, door cultuurwaarden voort te brengen, welke het voor het nageslacht mogelijk maken, het ontwikkelingsproces van den menschelijken geest krachtig in gang te houden, want de mensch is een eindig wezen, en vele individuen zullen, ook indien zij voor de ontwikkeling van hunnen geest van een grooten rijkdom van cultuurwaarden gebruik kunnen maken, het soms nog niet ver brengen. Maar hoe kort zijn leven ook moge zijn, het is waard, geleefd te worden voor ieder mensch, die er naar streeft, het bouwplan van den eeuwigen, absoluten geest te begrijpen.

Dit streven moet het doel zijn van elk *denkend* wezen, het is het eenige middel, om van het goddelijke, dat in den mensch ligt, tot bewustzijn te komen. Niet de stoffelijke materie, maar de geestelijke, moet heerschen, de Idee

moet de alleenheerscheres zijn over de menschen, want zij is in staat, de geheele stoffelijke wereld in zich op te nemen. Deze laatste echter is waarlijk het aandachtig beschouwen waard, want het is een gebouw van eene zoo diepe gedachte, dat geen eindig wezen, hoe geniaal dit ook moge zijn, het zich ooit geheel kan voorstellen.

De menschelijke geest zal dan ook het verstand van den natuuronderzoeker dankbaar zijn, dat deze zonder ophouden aan het werk is, om den aanschouwenden menschelijken geest in staat te stellen, dit wonderwerk volkomener te zien. Maar het verstand moet er niet naar streven, de rede te *verdonkermanen* en het *idealisme* te verdringen door het materialisme.

Het menschelijke ideaal moet niet verlaagd worden tot stof, hoe schitterend deze ook moge zijn, want ook „den schitterenden diamant ziet alléén het geestelijke oog." Noch de man van de natuurwetenschap, noch de man van de wiskunde, mag de axioma's zoo denken, dat deze als eene Chineesche muur eene onoverschrijdbare grens vormen.

Het spreekt van zelf, dat niet ik, maar de natuurkundigen en de wiskundigen zelf de grens moeten neerhalen. Zij moeten aan hunne wetten en axioma's niet het karakter van het absolute toekennen, wat deze niet hebben.

Slechts aan een paar voorbeelden zal ik trachten, aan te toonen, dat ik meen, het recht te hebben, aan de absolute geldigheid van de door de mannen van de natuurwetenschap in de natuur gelegde wetten te twijfelen, welke de oorspronkelijkheid van het denken in een dwangbuis zouden opsluiten.

Wij hebben gezien, dat de absolute Idee zich in de natuur zoodanig openbaart, dat de natuurverschijnselen aan de wet van het denken moeten gehoorzamen, dat zij dus noodwendig afhankelijk zijn tegenover de absolute vrijheid van de Idee. Maar wij hebben ook gezien, dat de Idee zich openbaart als het eeuwige leven, dus als een oneindig ontwikkelingsproces, waarbij de, op een bepaald oogenblik gewordene, dingen overal tegen elkaar aanbotsen. Zoo botsen de zich ontwikkelende organismen aan tegen de omstandigheden buiten hen en omgekeerd, zoo de vallende lichamen van de aarde tegen de lucht en de daarin zwevende waterdeelen, zoo de lichtstralen tegen den eikenboom. En tegen

elkaar aanbotsende vernietigen in den regel de lichtstralen den boom niet, evenmin als de omstandigheden de organismen, integendeel, deze botsingen zijn het leven zelf. Maar de Idee eischt den ondergang van alle dingen, in zoover deze eindige verschijnselen zijn, welke laatste het eeuwige als het oneindige moeten bewijzen.

Stel, men meet met een nauwkeurigen maatstok of meetband den afstand van twee boomen van elkaar en vindt, dat deze 1000 Meter bedraagt, men herhaalt de meting en vindt nu 1000,02 Meter. Deze metingen, een zeer groot aantal keeren herhalende, wordt ten slotte vastgesteld, dat de afstand werkelijk moet zijn 1000 Meter, want alle metingen geven als uitkomst een iets kleiner of een iets grooter getal, waarvan 1000 Meter het gemiddelde is. Wij hebben hier te doen met een analoog geval als bij de, in den beginne besproken, lengte van de tarweplanten op een tarweveld. De wiskundige genieën zijn de controleurs van de natuurkundige — waaronder ik allen begrijp, welke zich met de studie van de natuur bezig houden — hunne axioma's worden daarom gewoonlijk geacht, van steviger bouw te zijn dan die van de laatste. En toch heb ik uit eene voordracht van een collega van mij begrepen, dat de contrôle aan de andere partij is overgegaan, en daardoor de axioma's van de wiskundigen wankel zijn geworden.

De wiskundigen hebben nu aangetoond, resp. bewezen, dat in de natuur niet alleen de wet als noodzakelijkheid, maar ook de wet van het toeval, van de waarschijnlijkheid, bestaat, wat zeggen wil, dat het algemeen heerschende toeval zelf eene wet is. Het toeval en de noodzakelijkheid vormen eene tegenstelling, welke in de rede ligt en daarom opgelost wordt en tot eenheid komt. De tegenstrijdigheid lost zich dan in dezen zin op, dat de wet ook het toeval beheerscht, zoodat dus ook het toeval noodzakelijk is.

De waarschijnlijkheidswet leert ons, dat wij eene getallenreeks kunnen neerschrijven of eene kromme lijn construeeren, welke beide een bepaald z.g. ideaal verloop hebben, indien het verschijnsel, waarmede wij te doen hebben, zich in een oneindig aantal gevallen voordoet, resp. kan worden waargenomen. Indien dus de afstand van de beide boomen een oneindig aantal keeren gemeten kon worden, dan zouden wij kunnen uitrekenen, hoeveel keeren

de maat 1000 Meter, hoeveel keeren 1000,01 Meter, 999,999 M., enz. zoude moeten voorkomen bij het oneindig aantal metingen. Ook indien nu niet een oneindig, maar een zeer groot aantal keeren gemeten was, zou de uitkomst wel bijna absoluut nauwkeurig zijn. Absoluut nauwkeurig te meten is onmogelijk, 1e omdat de waarnemer onnauwkeurig afleest, 2e omdat de meetband op verschillende oogenblikken in lengte, hoe weinig dan ook, verschilt, 3e omdat de dikte van de boomen nooit geheel dezelfde is. Voor de veredelaars van planten en dieren is de waarschijnlijkheidswet van groote beteekenis, en men kan natuurlijk niet aan de wiskundigen de schuld geven, dat de veredelaars langen tijd van de kromme een verkeerd gebruik hebben gemaakt. Dit laatste was, schijnt het, zelfs noodig, want het bewijs, dat het gebruik foutief was, heeft aan de erfelijkheidsleer eenen krachtigen stoot gegeven voor hare gezonde ontwikkeling.

Ook al kunnen de wiskundigen de *absolute* geldigheid van de waarschijnlijkheidswet niet bewijzen, dan heeft deze toch voor de praktijk eene groote beteekenis en vooral de landbouwer zal haar gaarne aannemen, omdat hij in zijn bedrijf dagelijks leert, dat hij haar moet erkennen, indien hij de natuur wil kunnen beheerschen. Hij ondervindt echter, dat de uitkomst van zijne waarnemingen, waarvan het aantal verre van oneindig is, geen *ideale* getallenreeks of kromme kan zijn.

Hierdoor heeft de landbouwkundige geleerd, dat hij niet maar in het wilde weg kan te werk gaan, maar dat hij alle voorzorgen, die slechts mogelijk zijn, moet nemen, om op grond van zijne waarnemingen eene getallenreeks of kromme te verkrijgen, welke met de ideale zoover overeenstemt, dat hij daaruit een bruikbere conclusie kan trekken. Het volgende voorbeeld moge dit kort toelichten.

De veredelaar heeft door middel van eene kruising twee nieuwe tarwerassen verkregen, waarvan hij aanneemt, dat de lengte van hunne aren en in verband daarmede het aantal pakjes en het aantal korrels per aar verschillen. Bij gewonen verbouw daarvan heeft hij gevonden, dat het aantal korrels per aar van deze beide rassen bij het eene tarweras gemiddeld 50, bij het andere gemiddeld 60 heeft bedragen, dat dus het aantal korrels per aar bij beide rassen staat

als 5 : 6. De veredelaar wil nu door eene proefneming uitmaken, of zijne veronderstelling juist is.

Voor zijne proef kiest hij nu een stuk land uit van eene zeer gelijkmatige vruchtbaarheid en neemt hiervan een gedeelte, waarop de groeiomstandigheden, vergeleken met de overige deelen van het land, voor de te verbouwen rassen zoo gunstig en gelijkmatig zijn, als voor het verkrijgen van een bruikbaar resultaat vereischt wordt. Hij deelt dit stuk in 10, goed afgegrensde, perceelen van 1 M^2 ieder, en bezaait vijf daarvan met het eene, de andere vijf met het andere ras. Hij zaait of poot het zaad van de twee tarwerassen met zorg uit, verpleegt het gewas naar behooren en bepaalt dan na den oogst het aantal korrels per aar van de planten van elk der 5 perceelen. Het aantal individuen is zeer groot en hij heeft dus de kans op ideale krommen. De ervaring leert hem, dat de uitkomst wel niet geheel aan zijne verwachtingen voldoet, maar dat de proef toch een bruikbaar resultaat geeft. Waarom zullen de krommen nu toch niet ideaal zijn?

De reden hiervan is, dat, niettegenstaande alle voorzorgen, om voor de beide rassen dezelfde groeiomstandigheden te verkrijgen, deze toch steeds voor beide verschillend blijven.

Zoo waren ten eerste de uitgezaaide korrels ongelijk van gewicht, immers duizende korrels van geheel hetzelfde gewicht en gelijke chemische samenstelling uit te kiezen, zou ondoenlijk zijn. Een, bij de beide rassen verschillend groot, deel van de planten kan door ziekten hebben geleden. Ook al werd elke zieke plant gevonden en buiten rekening gelaten, dan zouden de daarnaast staande planten onder niet gewone omstandigheden zijn gegroeid. Tenslotte heeft de ervaring geleerd, dat de vruchtbaarheid van den grond, zelfs van twee dicht naast elkaar staande planten bij toeval altijd verschillend is. Dat dit laatste werkelijk zoo zijn moet, wil ik trachten, nog eens toe te lichten.

Het is bekend, dat eene overbemesting van een gewas in het voorjaar met chilisalpeter, den groei van de planten betrekkelijk plotseling bevorderen kan. De werking van deze bemesting werkt nu echter niet alléén, zoolang de planten van de Chilisalpeter direct profiteeren, maar de verkregen voorsprong kan soms den geheelen groeitijd dóór blijven werken.

De reden hiervan ligt hierin, dat zooals, wij zagen, een organisme eene eenheid is in dezen zin, dat alle deelen daarvan onderling samenwerken en dus het geheele individu van een bepaald voordeel voor hunne ontwikkeling kunnen profiteeren.

Als gevolg van de Chilisalpeterbemesting wordt het productievermogen van de plant direct grooter en dit grootere productievermogen doet zich ook gedurende de verdere ontwikkeling van de plant gelden, indien *voor het vervolg* de groeiomstandigheden gunstig, bijv. optimaal, zijn.

Het kortstondig minimum aan stikstof, dat door de bemesting met Chilisalpeter werd opgeheven, is daarmede voor goed verdwenen, indien hoogere temperatuur van den grond kort na de bemesting eene ruime productie van voor de plant opneembare stikstof door de medewerking van de bacteriën mogelijk maakt. Profiteeren alle planten op den akker in *gelijke* mate van de stikstof van de Chilisalpeter, dan heeft deze bemesting geenen invloed op de kromme van het aantal korrels per aar. Maar deze mogelijkheid is uitgesloten, omdat de Chilisalpeter zich niet zoodanig op den akker laat verdeelen, dat elke plant daarvan evenveel profijt heeft, zoodat dus de bemesting wel wijzigingen in de kromme tengevolge moet hebben; deze bemesting zal daarom in dit geval geene aanbeveling verdienen.

Niettegenstaande de ongelijkheid van het zaaizaad en van den grond en, als gevolg daarvan, het niet ideaal zijn van de kromme, kan de met voldoende zorg genomen proef met de twee tarwerassen toch leeren, of de verhouding van het aantal korrels bij beide ten naastenbij is als 5 : 6.

Hier zij nog opgemerkt, dat van de Galtonsche kromme eerst gebruik werd gemaakt, om zoogen: *in het ras* te veredelen, dus in het onderhavige geval bij het *constante* ras met 50 korrels per aar door *veredelen* (niet door bemesting of grondbewerking enz.) dit aantal tot bijv. gemiddeld 60 korrels per aar op te voeren. De ervaring heeft geleerd, dat dit voor een in dat opzicht constant ras onmogelijk is.

Dat dit langer dan vijftig jaren niet werd ingezien, is een bewijs, hoe noodig het is, dat wetenschap en praktijk zoodanig met elkaar voeling houden, dat zij elkaar verstaan. Want ook voor de mannen van de wetenschap is het van waarde, dat de productiviteit van den grond wordt verhoogd

en voor de bevolking voor ideale doeleinden meer tijd beschikbaar komt.

Tenslotte heeft men de wet van de waarschijnlijkheid juist weten te gebruiken en ingezien, dat zij in het voorliggende geval de veredelaars, en proefnemers op ander gebied, in staat stelt, om bijv., niettegenstaande de volkomen algemeene ongelijkheid van de tot een ras behoorende individu's, aan te toonen, dat deze allen *gelijk* zijn als *ras*, dus in dezen zin eene eenheid vormen.

Leert de hier besproken proef, dat deze wet een middel is, om de eenheid van het ras voor een onbeperkt aantal individuen te bewijzen, hoe verschillend deze ten aanzien van de quantiteit van iedere eigenschap ook moge zijn, zij leert omgekeerd evenzeer, dat het *onderscheid* van twee plantengroepen is *aan te toonen*, dus het verschil van twee rassen is te bewijzen. Dit kan niet alleen voor twee rassen, maar voor een willekeurig aantal rassen aangetoond worden; zoodoende is de waarschijnlijkheidswet een belangrijk middel geworden voor de studie van de erfelijkheidswetten, waarvan ons inzicht in korten tijd buitengewoon is verruimd.

Dè groote, alles beheerschende wet op het gebied van de natuurwetenschap, is die van het behoud van het arbeidsvermogen.

Hoewel de wijsgeerige denker niet alleen het genie kan bewonderen, dat deze wet heeft gedacht, maar ook de beteekenis daarvan voor den natuuronderzoeker ten volle beamen, kan hij toch ook aan deze wet eene *absolute* geldigheid niet toekennen; in de wereld der verschijnselen is nu eenmaal alles betrekkelijk, absoluut is alleen de Idee. Het zou trouwens een grillig ding zijn, indien de Idee, zich als de waarneembare wereld openbarende, hierbij een zeker bedrag slijtage had gedacht, die door eeuwigdurend onderhoud en reparatie hersteld moest worden. De wereld was dan tenslotte toch een eindig product, want door onderhoud en reparatie kan een kapitaalvoorwerp niet altijd door hetzelfde voortbrengingsvermogen behouden.

Gelukkig is het nu, dat niet ieder mensch, die in den strijd om zijn bestaan arbeid verricht, ook niet ieder, wetenschappelijken arbeid verrichtende natuuronderzoeker, deze wet behoeft te bewijzen, om van zijnen arbeid resultaat te

kunnen verwachten. Trouwens het bewijs voor de geheel algemeene juistheid daarvan is nog niet geleverd.

Vooral voor de processen in het levend organisme is dit bewijs nog te leveren; voor de erfelijkheidsleer kan deze wet reeds daarom nog niet bewezen worden, omdat er twijfel bestaat, of de „genen" zinnelijk waarneembaar zijn, of niet.

Wij zagen, dat voor den opbouw van het lichaam van onze cultuurgewassen tenminste veertien omstandigheden moeten samenwerken en het zal een moeilijk optelossen probleem zijn, om de onderlinge betrekking van deze veertien omstandigheden uiteen te rafelen en daarvan dan de wet van het behoud van het arbeidsvermogen in alle opzichten aan te toonen. Raadzaam zal het stellig zijn, het bewijs voor deze wet verder op te sporen met betrekking tot de physiologische processen, omdat deze de meeste overeenkomst met de physisch-chemische hebben. Maar de physiologische processen staan natuurlijk ook onder de heerschappij van het leven, waarin de integratie en differentiatie eene geheimzinnige eenheid vormen.

Zal men reeds bij planten en dieren er niet in slagen, het probleem geheel optelossen; dat dit met betrekking tot den mensch onmogelijk is, ligt meer voor de hand. Misschien is het denkbaar, dat de maximum, minimum en gemiddelde tijdsduur is te bepalen, welke tusschen twee opvolgende gedachten verloopt. Maar dan zou verder de gemiddelde gedachten-„massa" moeten worden bepaald, welke in de eenheid van tijd kan worden vervoerd.

Het probleem is onoplosbaar, omdat het kenmerk van het denken de oorspronkelijkheid is en het even ondenkbaar is, het geestelijk arbeidsvermogen van het groote genie te bepalen, als dat van den gewonen denker.

De vrijheid eischt zoowel de wet als het toeval, maar de toevalligheid van de oorspronkelijkheid van een denkend individu is niet meetbaar, want de mensch kan tenslotte het oneindige denken, meten slechts het eindige.

Er zal noch een maatstok, noch eene weegschaal voor den menschelijken geest zijn te vinden, want de mensch heeft het goddelijke, het absolute in zich.

Heeft nu Hegel toch niet de wijsbegeerte ten grave gedragen? Doodde hij, door de absolute Idee te denken,

niet het streven in den mensch, om de verschijnselen te bestudeeren, welke de openbaring daarvan in het leven van de natuur èn van den menschelijken geest aan dezen laatste geven te aanschouwen?

Het tegendeel is waar. Hegel heeft *bewezen*, dat de mensch zich niet behoeft te laten inperken door het verstand, dat hij zich niet behoeft te laten beheerschen door de stoffelijke materie, omdat er eene, deze beheerschende, geestelijke is en dat alleen deze laatste ons in staat stelt, het geweldige leven in de gansche natuur en geesteswereld als een eeuwig proces te begrijpen, en dat wij onzen geest hebben te ontwikkelen, om de waarheid en de vrijheid te begrijpen, zoodat zich in ons openbaart, dat wij kinderen zijn van de waarheid.

Natuurwetenschappelijke en wiskundige genieën, evenals genieën op elk gebied, zijn van goddelijken oorsprong. Wij bewonderen en eeren hen, maar ook zij moeten komen tot bewustzijn der rede, tot bewustzijn der absolute Idee, zoodat ook zij er toe medewerken, dat het idealisme tot een krachtig leven komt en de menschen als broeders en zusters in vrede leven.

Het, tot algemeene macht komende, idealisme is het eenige zekere middel, om de samenleving van den mensch gezonder te maken.

Met een zeker recht kunnen de vertegenwoordigers van de natuurwetenschappen de tegenwerping maken, dat het natuurlijk is, dat eerst de makrokosmos wordt onderzocht, omdat tegenover dezen de mensch en de geheele wereld van de organismen in het niet verzinkt. En zij hebben dan in zoover gelijk, als de mensch de absolute Idee slechts heeft kunnen vinden door middel van den *waarneembaren* makrokosmos, waarvan zijn lichaam deel uitmaakt.

Wij staan hier voor de dubbele openbaring van de Idee, te weten voor hare openbaring als de waarneembare wereld en voor de tweede openbaring, dat de menschelijke geest de waarneembare wereld als de openbaring van de absolute Idee heeft kunnen denken en begrijpen ten gevolge van het streven van de Idee, om in den menschelijken geest tot zelfbewustzijn te komen.

De mensch is een wonderbouw, waarin de tegenstellingen lichaam en geest eene eenheid vormen en wel in

dezen zin, dat de geest zich tot zulk eene hoogte heeft kunnen ontwikkelen, dat hij, toegerust met het zoo fijn geconstrueerde instrument van het lichaam, met zijne zintuigen, den makrokosmos en mikrokosmos beide als de geopenbaarde Idee kan begrijpen.

De ervaring heeft tevens geleerd, dat deze reusachtige ontwikkeling van den menschelijken geest in het zoo kortstondige menschelijke lichaam het product is van eenen arbeid van vele duizenden van jaren.

Dat de uit het natuurwetenschappelijk onderzoek afgeleide wetten, welke de natuurverschijnselen dan moeten beheerschen, geen *absolute* geldigheid hebben, maar dat zij slechts mijlpalen zijn op den weg van den vooruitgang van de wetenschap op dit gebied, wordt misschien het sterkst geïllustreerd door de wijziging, welke de voorstelling van het atoom heeft ondergaan.

De verschijnselen in de natuur berusten op de wisselwerking van de ponderabele en imponderabele materie.

De chemische analyse van de ponderabele materie leidde nu tot de opvatting, dat deze bestaat uit een aantal elementen, van ieder waarvan de kleinste stofdeelen een bepaald onveranderlijk gewicht moest hebben, en dat de atomen tengevolge van hunne affiniteit met elkaar verbonden zijn tot verschillende moleculen, welke dan de stof opbouwen.

De nieuwste voorstelling van het atoom komt in hoofdtrekken hierop neer, dat het eene positieve en negatieve electrische lading is, en wel de positieve lading de kern van het atoom, waaromheen de negatieve geladen electronen zich met verbazende snelheid bewegen, het spiegelbeeld dus van den makrokosmos. Noemt men de kern met de kleinste positieve lading één, dan is deze met de daaraan evenredige electronen het kleinste atoom, het volgend atoom heeft de dubbele, het daarop volgende de driedubbele positieve lading met eene daarmede evenredige negatieve lading. Dit gaat zoo voort tot het grootste atoom, dat 120 ladingen heeft. Ieder van deze soortelijk verschillende atomen behoort tot een bepaald element. Feitelijk is nu echter het aantal soorten van atomen grooter, dan dat van de elementen, zoodat er elementen zijn, welke uit twee en zelfs uit nog meer verschillende atomen kunnen bestaan,

maar of zulk een bepaald element uit een, twee of meerdere atomen-soorten bestaat, geeft ten aanzien van de chemische werking dan geen verschil.

Wij zien dus, dat aan hypothesen, wetten en axioma's niet het recht mag worden toegekend, om aan het denken grenzen te stellen, wat echter zonder twijfel heel dikwijls is geschied. Doet men dit laatste niet, dan volgt hieruit echter geenszins, dat daardoor de beteekenis van eene werkelijk geniale hypothese wordt onderschat.

Met een enkel woord is er hier nog op te wijzen, dat de zich als natuur openbarende Idee anders werkt dan de natuuronderzoeker. In hare openbaring zijn synthese en analyse tot eene volkomen eenheid opgeheven. Haar eeuwig leven uit zich als de werkelijkheid in de eindigheid van de verschijnselen, welke laatste de Idee én de mensch aanschouwt als de openbaring van de absolute schoonheid. De veranderlijkheid van de eindige verschijnselen getuigt van het eeuwige proces der verkeering van de absolute Idee tot de werkelijkheid als eindigheid, welke wij aanschouwen als tijdelijk-ruimtelijke dingen.

Analoog aan de openbaring van de Idee is het werken van den denker, die zijne gedachten in woorden manifesteert. Van den kunstenaar is het werk in zoover gebrekkiger, als hij voor zijn kunstwerk de stof, verf, klei of steen, noodig heeft, om daarin zijne gedachte uit te beelden.

Van de zich als natuurverschijnselen openbarende Idee verkrijgt de mensch door de bemiddeling van zijne zintuigen eenen totaalindruk, doordat de zintuigen tengevolge van de samenwerking van de ponderabilia en imponderabilia, en wel van verschillende plaatsen naast elkaar en na elkaar, indrukken ontvangen, zoodat de mensch *in eens* de waarneembare dingen, zoover deze binnen zijn bereik liggen, aanschouwt als *eene* waarneembare wereld, de verschillende organismen als *een* organisme; de verschillende menschen als *eene* menschenwereld. Geprikkeld door de onmiddellijke gewaarwording, stelt hij zich met de oppervlakkige waarneming niet tevreden, maar tracht ook het wezen daarvan te weten te komen. De natuuronderzoeker analyseert de stoffelijke wereld nu, om hare bouwsteenen en de wisselwerking van de ponderabilia en imponderabilia te leeren kennen.

De werkwijze van den wiskundige onderscheidt zich van

die van den natuurkundige, want hij bouwt zijne wereld op door middel van algemeene aanschouwingsvormen. Hij staat in zijne werkwijze nader bij die van den wijsgeer. De laatste volgt de werkwijze van de Idee.

Opgemerkt moet echter worden, dat alle menschen, omdat zij niet alleen onderscheiden, maar tevens identisch zijn, bij hun denken zoowel analytisch als synthetisch te werk gaan. Het verschil in werkwijze accentueert zich eerst sterker bij het wetenschappelijk werken, maar ook hierbij wordt *niet uitsluitend* de inductieve maar ook de deductieve werkmethode gevolgd. Wij zeiden zooeven, dat de verschillende organismen zijn eene organismenwereld, wat zeggen wil, dat het organisme eene eenheid is van de veelheid der verscheidene organismen, wat ik met het oog op de erfelijkheids-verschijnselen hier nog eens nader heb toetelichten.

Elk tot deze eenheid behoorend individu is in zijn geheele ontwikkelingsproces bepaald door den erfelijken aanleg in de kiemcel.

Hiermede zijn de differentiatie's, welke de cellen in alle onderdeelen van het individu zullen ondergaan, bepaald.

De modificaties, welke alle deze differentieerende deelen zullen ondergaan, hangen van de omstandigheden af, welke tengevolge van de, in het organisme plaats grijpende, physiologische processen, in het individu tot stand komen. Zooals wij zagen, is het totale aantal omstandigheden, waarmede onze gewone groene cultuurplanten werken, zeer groot, maar niet voor elk proces even groot. Hoe groot het voor *elk* proces in de plant moet zijn, is nog niet bekend. Wij wezen er reeds op, dat analoge processen, als bij de assimilatie en dissimilatie in de organismen plaats grijpen, ook daarbuiten tot stand kunnen komen.

Dat het organisme hare omstandigheden zelf regelt, volgt o.a. hieruit, dat bijv. eene bepaalde koe per dag een kilo in gewicht toeneemt of 12 liter melk geeft, ook al heeft zij eenen berg van klaver of gras voor het grijpen. Het bedrag, dat een bepaald organisme van zijne omstandigheden verandert in lichaamsmassa, wordt door het organisme zelf bepaald. Wij zien dus, de omstandigheden in de plant, gegeven hare physiologische processen, worden o.a. tot lichaamsmassa gefixeerd, het zich opbouwende en producten leverende organisme is zijne omstandigheden.

De onafhankelijkheid van het organisme is echter geene absolute, maar eene geheel en al betrekkelijke. Want de omstandigheden in de plant staan in betrekking tot de omstandigheden buiten haar, welke, op hun beurt onafhankelijk zijnde, het organisme geheel *schijnen* te beheerschen. Zonder de medewerking van de zonnestralen assimileert de plant niet en kan de groene plant zich niet volkomen ontwikkelen, zonder water verdroogt zij, zonder voedsel verhongert ze. Deze afhankelijkheid van het organisme is tevens nader bepaald door de zoogen. minimum-wet.

Kan de plant geen stikstof aan hare omgeving of aan *haar reserve*materiaal ontnemen, dan vermeerdert haar drooggewicht niet, kan zij daaraan 1 gram ontnemen, dan kan zij daarmede een zeker bedrag droge stof produceeren, met 2 gram stikstof een dubbel zoo groot bedrag enz. tot een, door haar erfelijken aanleg bepaald, maximum. Maar het organisme kan deze bedragen aan droge stof alleen dan voortbrengen, wanneer de omgeving met de stikstof ook de overige omstandigheden in eene bepaalde onderlinge verhouding ter beschikking stelt, welke voor de daarin verloopende processen vereischt worden. Kan de suikerbiet met 1 gram stikstof gemiddeld een zeker bedrag droge stof voortbrengen, dan is dit voor haar slechts mogelijk, indien tevens gemiddeld o.a. 1.8 gram kali, 0.4 gram phosphorzuur en 150 kilogram water voor haar beschikbaar zijn. Dat de zelfstandigheid van het organisme zich hier echter wederom doet gelden, volgt uit het feit, dat verschillende rassen eenzelfde bedrag droge stof met een *verschillend* bedrag van omstandigheden voortbrengen. Zoo produceert de tarweplant een bepaald bedrag droge stof met 1 gram stikstof, 0.5 gram kali, 0.1 gram phosphorzuur en 95 kilogram water. Deze getallen zijn gemiddelden. Zelfs verschillende individuen van een zelfde ras gebruiken onder verschillende omstandigheden voor de productie van een kilo droge stof verschillende kwantiteiten voedingsstoffen, de verhouding van de laatste per kilo droge stof is dus geene constante.

Uit de betrekking van de omstandigheden in de plant tot die buiten haar, volgt, dat de omstandigheden buiten de plant die in de plant en deze laatste de plant zelf zijn, dat dus de plant is hare omstandigheden. Het hier gezegde geldt natuurlijk ook voor het dierlijke en menschelijke lichaam.

Omdat elk deel van het organisme nu in de mate van zijne ontwikkeling afhangt van de in zijne omgeving voorhanden omstandigheden, moet bij verschillende individuen de mate van de ontwikkeling van elk deel van zijn lichaam met deze omstandigheden in overeenstemming zijn, wat de modificatie van de eigenschappen verklaart. De differentiatie van het individu wordt hierdoor *niet* gewijzigd, omdat het ontwikkelingsproces van een bepaald organisme is ingericht op *bepaalde* omstandigheden, wat betreft het aantal omstandigheden *en* de grenzen, waartusschen deze moeten liggen; bijv. zal bij een bepaald organisme de temperatuur moeten liggen tusschen 0^0 C. en 30^0 C., bij een ander organisme tusschen 12^0 C. en 40^0 C.

Welk verband bestaat er nu tusschen de omstandigheden en de differentiatie van de totaliteit van het organisme, wat betreft het groot aantal van zijne rassen? Dat ook deze differentiatie mede bepaald moet zijn door de omstandigheden, laat zich met zekerheid hieruit afleiden, dat elke groep van individuen, dus elk ras, slechts levensvatbaar is onder bepaalde omstandigheden, terwijl het zich daar, waar het levensvatbaar is, in zijne ontwikkeling geheel modificeert volgens het bedrag dezer, tusschen bepaalde grenzen schommelende, omstandigheden.

Bij de geslachtelijk vermeerderende organismen ontstaan uit cellen van het organisme, welke in aard met de kiemcel geheel gelijk zijn, door reductiedeeling de geslachtscellen. Is het organisme geen bastaard, dus een homozygoot, dan komen bij eigen bevruchting twee, in aard volkomen gelijke, geslachtscellen wederom bij elkaar, wij kunnen dus zeggen, dat de kiemcel van de moeder in de bevruchte vrouwelijke geslachtscel is gereproduceerd, en het spreekt dan van zelf, dat deze, zich tot een individu ontwikkelende, van dezelfde omstandigheden afhangt als de moeder. Zijn voor zulk een dochterindividu de omstandigheden geheel dezelfde als die, waaronder het moederindividu tot ontwikkeling kwam, dan spreekt het wederom van zelf, dat het eerste in alle deelen gelijk wordt aan het laatste, dezelfde omstandigheden worden hier dezelfde organismen.

Hebben wij te doen met twee individuen, waarvan elk behoort tot een constant (homozygotisch) ras, dan is het mogelijk, dat kruisbevruchting in 't geheel niet tot stand

kan komen. Is het laatste wel mogelijk, dan worden twee geslachtscellen tot ééne kiemcel, welke afkomstig zijn van individuen, waarvan elk individu zijn bepaalde, van die van het andere individu verschillende, omstandigheden was. De door de vereeniging van twee zulke geslachtscellen ontstane kiemcel is daarom een bastaard, omdat zij is de potentialiteit voor de ontwikkeling van een individu, welke dan feitelijk tot stand komt door de wisselwerking van twee groepen van verschillende omstandigheden. Nemen wij aan, dat het aantal omstandigheden voor beide individuen hetzelfde was en dat hun rasverschil uitsluitend voortvloeide uit een verschil van de temperatuurgrenzen, waaronder zij waren gegroeid; dan zou dus bijv. eene kruising plaats hebben gehad tusschen twee individuen, van welke het eene haar ontwikkelingsproces kon doorloopen tusschen de temperatuurgrenzen van 1° C. tot 30° C., het andere tusschen die van 3° C. tot 35° C. Dan zou blijken, dat een deel van de nakomelingen van de bastaarden der 1ste generatie zou kunnen leven tusschen 1° tot 30° C., een ander deel tusschen 3° en 35° C. Waren de feitelijke omstandigheden voor de nakomelingen 5° tot 35° C., dan zouden daarin zoowel de homozygoten als de bastaarden tot ontwikkeling kunnen komen. Vereischte de ontwikkeling van de beide gekruiste individuen slechts een verschil ten aanzien van het water, zoodat het eene individu zijne ontwikkeling doorloopen kon bij eenen regenval gedurende zijnen groeitijd van gemiddeld 75 m.m.; het andere van gemiddeld 40 m.m.; dan levert de eerste bastaard wederom nakomelingen, waarvan een deel bij eenen regenval van 75 m.m. kan groeien, het andere deel bij eenen regenval van 40 m.m. Bedraagt nu echter in eene bepaalde streek de regenval slechts 40 m.m., dan is het organisme, dat 75 m.m. regenval eischt, niet levensvatbaar. De kruising plaatst dus een bastaardindividu onder bepaalde omstandigheden, waarvan het mogelijk is, dat het zelf en alle zijne nakomelingen onder deze omstandigheden kunnen leven of niet.

Worden nu twee individuen gekruist, waarvan het ontwikkelingsproces van het eene tusschen 1° tot 30° C. en bij 75 m.m. regenval verloopt, terwijl dit ontwikkelingsproces bij het andere verloopt tusschen 5°—35° C en bij 40 m.m. regenval, dan ontwikkelen de bevruchte geslachts-

cellen tot bastaarden ten opzichte van deze beide omstandigheden. Uit de toevallige vereeniging van de geslachtscellen dezer bastaarden komen dan nakomelingen voort, waarvan afgezien van de bastaarden een deel bij 1° tot 30° C. en 75 m.m. regenval, een ander deel bij 1° tot 30° C. en 41 m.m. regenval, een derde deel bij 5° tot 35° C. en 75 m.m. regenval en het vierde deel bij 5° tot 35° C. regenval kan ontwikkelen. De nakomelingen zullen dan wel bij 5° tot 35° C. en 75 m.m. alle tot ontwikkeling kunnen komen, maar bij 1° tot 30° C. en 40 m.m. regenval zou een deel daarvan niet levensvatbaar zijn.

Wij kunnen deze beschouwing eindigen, omdat blijkt, dat de *genen* door de *omstandigheden* kunnen worden vervangen.

Het essentieële van het leven en daarmede van de erfelijkheidsverschijnselen van het organisme is, dat de kiemcel van elk individu als eene eenheid van bepaalde veelheden het ontwikkelingsproces van dit individu is in den vorm van potentialiteit. Bij een chemisch molecuul is de eenheid van bepaalde veelheden betrekkelijk verstard, ik zeg betrekkelijk, omdat eene oplossing van electrolyten bewijst, dat de verstarring geene absolute is, en het radium, dat dit ook bij het atoom geenszins het geval is. Bij de kiemcel bestaat deze verstarring niet, — de eenheden kunnen zich vermeerderen —, maar bestaat de totaliteit der veelheden uit meerdere groepen van veel-eenheden, welke in wisselwerking met bepaalde omstandigheden buiten het individu bepaalde physiologische processen tot stand doen komen. Deze processen kunnen op verschillende plaatsen van het zich ontwikkelende individu tot stand komen. Als gevolg van de physiologische processen hebben er in de plant ook verstarringen plaats, bijv. het skelet. Bij den mensch ontstaan, als bij andere hoog georganiseerde groepen van het organisme, organen, waarin bepaalde groepen van veeleenheden, wier oorsprong in de kiemcel ligt, bepaalde physiologische processen en verstarringen doen ontstaan, zoodat deze organen een betrekkelijk zelfstandig bestaan hebben.

In het individu behouden op bepaalde plaatsen de door de deeling van de kiemcel en hare nakomelingen ontstaande dochtercellen de totale veeleenheid en dus de totale potentialiteit van de kiemcel. Uit zulke cellen ontstaan door

reductiedeeling de geslachtscellen. Was de zich tot geslachtscellen deelende cel homozygoot, dan ontstaan bij zelfbevruchting wederom homozygote kiemcellen, was deze een bastaard, dan ontstaan er nieuwe groepen van veeleenheden, waarbij het toeval en de noodzakelijkheid zich doen gelden.

Inzoover het Mendelisme aan deze beschouwingswijze beantwoordt, bevredigt het ons denken. De continuïteit en de discontinuïteit van het organisme als een door dit zelf geregeld proces beantwoorden aan het organisme als het spiegelbeeld van de Idee. De betrekkelijke zelfstandigheid van het organisme *én* van het milieu, waarin dit leeft, komen tot eenheid tengevolge van de wisselwerking van de omstandigheden buiten en in de plant, welke wisselwerking het organisme zelf is.

Bij de mutaties is de zaak anders. Hier wordt deze wisselwerking verbroken, zoodat men van *geweldpleging* zou kunnen spreken. De omstandigheden maken inbreuk op de integratie als het erfelijke, onveranderlijke, van het organisme, zonder echter het leven van het laatste in gevaar te brengen. Dat volgens de opvatting van de voorstanders van de mutatie de zelfstandigheid van het organisme in dit geval door de omstandigheden daar buiten werkelijk wordt aangetast, blijkt hieruit, dat de constitutie van het gemuteerde organisme *blijvend* van het ouder-organisme zal verschillen.

Misschien zal de lezer zeggen, dat het vervangen van de genen resp. factoren door de omstandigheden ons toch geen begrip geeft van het leven. Dit begrip kan de wetenschap, welke slechts waarneembare dingen als haar studiegebied heeft, niet geven. De vertegenwoordigers van deze wetenschap moeten zich bepalen tot de studie van de *verschijnselen* van het ontwikkelingsproces van het organisme. Beyerinck maakt de genen tot enzymen, met de studie waarvan ook de scheikundigen zich bezig houden. Hieruit is wel afteleiden, dat een dieper doordringen in de erfelijkheidsverschijnselen door de studie van, hiermede in verband staande, physiologische processen zal gebaat worden.

VEREDELING EN CULTUUR.

In de organismenwereld neemt de mensch eene bijzondere plaats in, omdat in het organisme de menschelijke geest tot ontwikkeling komt. Deze samenwerking van geest en

lichaam heeft niet alleen als gevolg, dat elk van de verschillende individuen in zijne eindige ontwikkeling een eigen geestelijk karakter heeft, dat het individu eene *persoonlijkheid* wordt, maar ook, dat de geest tot zulk eene ontwikkeling kan komen, dat hij zich meer of minder volkomen van het lichaam onafhankelijk kan maken en het laatste beheerschen.

Hiermede komen wij terug tot ons uitgangspunt, het Ik als de mensch, wiens levensdoel het is, de ziel tot den geest en dezen tot zulk eene hoogte te ontwikkelen, dat hij de waarheid kan denken en tot geheele vrijheid, tot geheele zelfbepaling, kan komen. Voor het bereiken van dit doel moeten de omstandigheden zoo gunstig mogelijk zijn, resp. door den mensch zelf worden gemaakt.

In sano corpore mens sana, m. a. w. eene gezonde ziel resp. geest huist wel het beste in een gezond lichaam; het laatste is wel niet eene noodzakelijke, maar toch eene wenschelijke, voorwaarde voor de krachtige ontwikkeling van den geest.

Feitelijk huist een gezonde geest ook dikwijls in een zeer zwak lichaam.

Voor het lichaam zijn voedsel in voldoende kwantiteit en goede hoedanigheid en een gunstig klimaat levensvoorwaarden.

Waar het klimaat ongunstig is, moet doeltreffende kleeding en woning de nadeelige gevolgen daarvan opheffen.

Voor de ontwikkeling van den geest zijn bekwame opvoeders noodig en de beschikking over cultuurwaarden, welke voor het tot ontwikkeling brengen van den geest onontbeerlijk zijn. De opvoeder moet er zich steeds van bewust zijn, dat het kenmerk van het denken van den mensch oorspronkelijkheid is.

Hun doel, om voor de ontwikkeling van het lichaam en den geest gunstige voorwaarden te scheppen, kunnen de menschen dan ook alleen door samenwerking bereiken. Hiervoor vormen zich van zelf menschengroepen, welke, zich van de beteekenis van de samenwerking bewust wordende, de samenwerking niet meer uitsluitend aan het toeval overlaten, maar deze doeltreffend trachten te regelen, wat bij de cultuurvolken dan ook niet alleen het geval, maar hiervan een kenmerk is. Doeltreffend kan echter de organisatie van een volk slechts zijn, wanneer dit een volkomen begrip

heeft van het levensdoel van den mensch en den wil, dit doel met vol bewustzijn en met volle kracht na te streven.

Wij noemen die volken cultuurvolken, waarvan aangenomen wordt, dat zij dit begrip hebben en dat de cultuurwaarden, waarnaar zij streven, de ware zijn.

In alle tijden van de geschiedenis hebben ook de volkeren op elkaar ingewerkt met het bewuste of onbewuste doel, wederkeerig op elkaar ontwikkelend te werken, daarbij in dienst staande van de Idee. Het moet daarom ook wel in de rede liggen, dat de cultuurvolken, langs welken weg dan ook, de ware cultuurwaarden tot erkenning en ontwikkeling trachten te brengen bij alle volken.

De Idee is een hoog ideaal, dat met vol bewustzijn en met volle zedelijke kracht door een volk eerst dan nagestreefd zal worden, wanneer de Idee als de waarheid wordt erkend.

Er zijn duizenden jaren verloopen, voordat de Idee is begrepen, en er zal stellig nog een lang tijdperk moeten verstrijken, voordat zij algemeen als het eenig ware richtsnoer voor het ontwikkelingsproces van den menschelijken geest zal gelden.

Het eenige, wat men kan hopen, is, dat die menschen, waarbij het streven, om de waarheid te vinden en haar te dienen, tot kracht is gekomen, hunnen stempel op den geest van hun volk drukken, zoodat dus ook bij den volksgeest dit streven tot kracht komt. Feitelijk zijn de groote geesten steeds de leiders van de volken, zij zijn de bakens, welke boven het oppervlak van de zee uitsteken en den schipper waarschuwen, indien hij van den rechten koers is afgeweken.

Voor de volkeren zijn de *groote* denkers op elk gebied deze bakens en het zal van de omstandigheden afhangen, welken invloed zij op den volksgeest uitoefenen. De baak, welke hoog boven het zeevlak uitsteekt, is voor de cultuurvolken de Christusfiguur, die door den diepen wijsgeerigen denker Hegel in een nieuw licht is geplaatst.

Wij staan voor het feit, dat de Europeesche cultuurvolkeren in eenen reusachtigen oorlog zijn gewikkeld, hoewel te voorzien was, dat hij geweldige offers zou moeten kosten.

Omdat de menseh eindig is, zullen de levende menschen het verdere verloop van dit geweldige ontwikkelingsproces niet kunnen voorspellen, maar misschien zijn de krachten,

welke in dit proces tot werking komen, eenigszins te benaderen. Wie het verstaat, te luisteren, zal misschien uit het, de ooren verdoovende, roffelvuur, uit dit ontzettende, de menschen tot verstarring brengende geluid, de klanken vernemen van *vrijheid* en *broederschap*.

Het eeuwige verlangen naar de vrijheid moet wel de drijfkracht zijn ook van dezen oorlog. Komt deze tot verdere ontwikkeling bij de oorlogvoerende volkeren, dan zal bij hen het besef dieper doordringen, dat met de gelijkheid de ongelijkheid noodzakelijk is verbonden, dat de eene mensch den anderen moet erkennen en waardeeren, dat dit ook geldt voor het eene volk ten aanzien van het andere, en de volkeren zullen evenals de individuen moeten leeren inzien, dat de gelijkheid in zoover met recht moet worden nagestreefd, dat alle menschen tot het bewustzijn komen, kinderen te zijn van de Idee, en in dezen zin zusters en broeders, met alle oneenigheid, aan deze familierelatie verbonden.

Naast de vrijheidsleuze is tegelijk die van het recht naar voren gebracht, eene volkomen begrijpelijke verbinding, want recht op vrijheid heeft alleen de mensch of het volk, dat de vrijheid begrijpt. En het is aan sterken twijfel onderhevig, of de velen, welke om de vrijheid roepen, daarvan inderdaad een juist begrip hebben. De vrijheid toch heeft in zich het moment *orde*, de absolute vrijheid eischt tevens de absolute orde.

Evenals de ordening van het ponderabele ons het licht in zijn vele kleuren laat zien en ons de warmte laat voelen, is de orde eene noodwendige voorwaarde voor het openbaar worden van de vrijheid, want zonder orde is zij bandeloosheid.

Komt bij de oorlogvoerende volken de ware vrijheid, welke de macht tot ordenen inhoudt, tot volkomener bewustzijn, dan zal eene dankbare herinnering aan dezen reuzenstrijd kunnen blijven voortleven.

Het antwoord op de vraag, hoe het mogelijk is, dat tusschen hoogontwikkelde cultuurvolken, welke de verwezenlijking van dezelfde cultuurwaarden schijnen na te streven, een strijd op leven en dood kon ontstaan, is door het feit van den oorlog zelf gegeven.

Inderdaad, reeds langen tijd voor dezen oorlog zagen

velen in de onderlinge groepeering van de volken tot verbonden in hunne verbeelding het groote gevaar, dat hij zou loskomen, en de ontzettende verwoesting, die hij moest brengen. Met kracht drong zich daarom de vraag op, of het niet mogelijk was, dat de cultuurvolken met hun hoog intellect ter bereiking van dit doel hunne onderlinge betrekking langs vreedzamen weg zouden kunnen regelen.

Antwoorden op deze vraag zijn wel ingekomen, maar de geschiedenis heeft deze laten liggen; de geweldige oorlog is losgebarsten en, wat dit evolutieproces zal brengen, ligt nog in het duister verborgen. Het peil van de beschaving, dat de cultuurvolken bereikt hadden, heeft niet, zooals gehoopt en wel ook verwacht werd, de botsing der geweldige volksmassaas kunnen voorkomen.

Nu heeft in den laatsten tijd niet alleen de erfelijkheidsleer groote vorderingen gemaakt, maar de beteekenis van de resultaten van deze wetenschap zijn den practischen land-, tuin- en boschbouwer zoodanig tot bewustzijn gekomen, dat hij deze met groot succes bij de veredeling van planten en dieren heeft toegepast. Het is daarom dan ook niet bevreemdend, dat in den jongsten tijd de vraag is gesteld, of niet ook cultuurvolken op dezelfde wijze als rassen van planten en dieren zullen zijn te veredelen.

Bestaat nu werkelijk de kans, dat langs dezen weg cultuurvolken op een hooger peil kunnen gebracht worden?

Evenals er verschillende rassen van dieren op de aarde zijn, is dit ten aanzien van de menschen het geval en er bestaat geen twijfel, dat bij de differentiatie in menschenrassen het verschil in de door de natuur gegeven omstandigheden een gelijke rol heeft gespeeld als bij de overige organismen. Dat menschenrassen zuivere rassen zijn, is, zooals werd betoogd, wel uitgesloten, maar bepaalde rassenmengsels hebben toch, evenals landrassen van planten en dieren, een gemeenschappelijk type verkregen. Dit bijzondere type komt niet alleen in den bouw en de kleur van het lichaam tot uiting, maar de natuur en vooral de geest hebben hunnen stempel ook op het karakter van de volken gedrukt.

Tegen deze differentiatie van de groepen van menschen tot verschillende volkstypen vormt, evenals bij planten en dieren, het groote aanpassingsvermogen, wat alhans voor

eenige van de volken vaststaat, wederom een tegenwicht, zoodat individuen van de volken met blanke huidskleur in bijna alle streken van de aarde te vinden zijn. Hierdoor zijn allerlei kwesties op den voorgrond gekomen als bijv. de volgende: Welk volk is in het bezit van de ware cultuurwaarden; zijn deze laatste in den volksgeest van een ander volk zoodanig over te planten, dat dit laatste deze werkelijk als de zijne kan overnemen en de verwerkelijking daarvan nastreven en ten slotte, welke gevolgen heeft de kruising van individuen, welke tot verschillende volkstypen behooren? Deze kwesties zijn vooral voor die volken van het grootste belang, welke kolonie's bezitten, waarvan de bewoners in volkstype van dat van het moederland wezenlijk verschillen.

Het behoeft nu geen nader betoog, dat de Europeesche cultuurvolken er van overtuigd zijn, dat hunne cultuurwaarden de ware zijn en dat zij deze ook met alle kracht bij hunne leden tot bewustzijn trachten te brengen.

Zoo zorgt bijv. de Staat van deze cultuurvolken, welke ook hun staatsvorm moge zijn, niet alleen voor de orde door middel van de politie, maar hij is in wezen ook rechtsstaat. En het recht heeft bij het cultuurvolk een bepaalden inhoud; het is evenzeer een moment van de Idee als de vrijheid, welke voor elk lid van het volk tot haar „recht" moet komen. Het is het kenmerk van het cultuurvolk, dat het dit begrijpt en zorg draagt, dat de vrijheid, dus de zelfbepaling, voor elk van zijne leden gewaarborgd wordt. Dit kan het slechts bereiken, wanneer het volk zich bewust is, dat ook de menschen zijn identisch met onderscheid. Erkent het volk, dat ook dit onderscheid mede het wezen van den mensch uitmaakt, dan erkent het tevens de identiteit der menschen en daarmede de plicht van elk lid van het volk, om aan elk medelid dezelfde vrijheid toe te kennen als aan zich zelf, zonder misbruik te maken van hun onderscheid en daardoor op de vrijheid van den medemensch inbreuk te maken. Evenals in de Idee ligt dit beginsel dan ook in het christelijke zedelijkheidsbegrip, waaruit volgt, dat de staatswetten, met dit beginsel in overeenstemming *moeten zijn.*

Door zijne cultuurwaarden heeft het volk de waarheid en het vrijheidsbegrip te openbaren, en de volksopvoeding

moet niet alleen de kennis aan de leden van de bevolking brengen, ten gevolge waarvan deze de natuur zoo weten te beheerschen, dat voor eene krachtige en gezonde ontwikkeling en instandhouding van het lichaam gezorgd is, maar het hoofddoel er van moet zijn, dat de menschelijke geest tot de hoogste ontwikkeling kan komen. Om dit doel te bereiken, moeten de leden van het volk lichamelijken en geestelijken arbeid verrichten, ten opzichte waarvan echter arbeidsverdeeling mogelijk en regel is. En nu is het een voor de volksopvoeding belangrijk feit, dat ook de geestelijke arbeid in hooge mate kan gebaat worden door een gezond en krachtig lichaam, dat voldoende reageert op allerlei indrukken. Maar ook de lichamelijke arbeid is — dit heeft trouwens de ervaring ruimschoots geleerd — vruchtbaarder, naarmate de arbeider daarvoor geestelijk beter ontwikkeld is.

Men kan trachten te beredeneeren, dat de mensch in zekere bedrijven het vruchtbaarste werk zal leveren, indien hij den arbeid geheel als eene machine verricht, omdat dan geenerlei krachtsverspilling bij hem zal plaats grijpen. Maar het zou niet alleen onmenschelijk, dus in strijd met den mensch als een redelijk wezen zijn, dezen geheel tot eene machine te verlagen, maar het zou ook niet juist zijn. De mensch kan nooit iets anders zijn dan een *levend* werktuig, zijne lichamelijke arbeid is daarom per se ziels- of geestesarbeid.

Het cultuurvolk vormt eene bepaalde eenheid, waarin aan elk lid niet alleen rechten worden toegekend, maar ook plichten worden opgelegd, welke moeten beantwoorden aan het door het volk erkende doel van het menschenleven.

Vooral de buitengewoon snelle ontwikkeling van het Japansche volk heeft bewezen, dat een, van het Europeesche geheel verschillend, volkstype de bepaalde ontwikkeling van de Europeesche cultuurvolken na kan volgen; de beheersching van de natuur, dus landbouw, industrie en handel zijn bij het Japansche volk tot eene buitengewoon snelle ontwikkeling gekomen. Maar, of dit volk ook de cultuurwaarden van een Europeesch cultuurvolk tot de zijne zal maken, is aan sterken twijfel onderhevig. Vergis ik mij niet, dan wint bij de Europeesche cultuurvolken, welke in het bezit zijn van koloniën, de overtuiging met kracht

veld, dat zij bij deze laatste de intellectueele en economische ontwikkeling met alle middelen moeten trachten te bevorderen, maar de pogingen, om den volksgeest van de bevolking dier gewesten zoodanig om te kneeden, dat deze de cultuurwaarden van de Europeesche cultuurvolken tot de zijne maakt, *bijna* geheel aan het onderling verkeer der volken en aan zendelingen moeten overlaten.

Uit het hier gezegde volgt wel van zelf, dat cultuurvolken er niet gemakkelijk toe zullen overgaan, om door kruising van de bewoners van het moederland met die van de koloniën eene veredeling van hun volk na te streven, tenzij de bevolking van de laatste eene blanke is en deze de voor het moederland ware cultuurwaarden eveneens als het doel van zijne ontwikkeling erkent.

Thans doet zich dus de vraag voor, of er kans bestaat, en er naar gestreefd moet worden, een cultuurvolk op hooger peil van ontwikkeling te brengen, indien men zich voor kruisingen zou bepalen tot menschenrassen welke tot de Europeesche cultuurvolken behooren?

Het doel van den veredelaar, waarvan deze zich vooraf rekenschap heeft te geven, is hier natuurlijk het op hooger peil brengen van den *volksgeest* en de vraag ligt voor de hand, of, *verondersteld*, dat de veredeling van het lichaam die van den geest mede ten gevolge kan hebben, de veredeling in de planten- en dierenwereld ons voor het hier te bereiken doel den weg kan wijzen. Wij komen daarom op het vroeger hierover behandelde nog eens terug.

De ervaring heeft dan, zooals wij boven zagen, geleerd, dat een *zuiver* ras in zijne erfelijke eigenschappen door veredeling niet is te wijzigen in het ras zelf, indien dus uitsluitend met individuen van dit ras wordt gewerkt.

Bevalt een planten- of dierenras den landbouwer niet, dan is, indien hij van kruising geen gebruik wil maken, ten slotte het eenige middel, om van zijnen grond grootere oogsten te winnen, dat hij een ras van elders haalt. Hiervan is in den land- en tuinbouw veel gebruik gemaakt.

In de menschenwereld zijn de volksverhuizingen een overeenkomstig verschijnsel. Het volk, dat naar een ander land tracht te verhuizen, kan geheel teruggedreven worden, of het kan het *volk* van het land, waarheen het trekt, overwinnen. In 't laatste geval zullen individuen van deze volken

zich wel meestal door kruising met elkaar meer of minder sterk vermengen.

Het meest rationeele middel, om voor eene bepaalde streek een ras van hooge productiviteit te verkrijgen, is in den regel het kruisen daarvan met een ander ras van hooge waarde. Geeft deze kruising rassen, welke aan de gestelde eischen nog niet ten volle voldoen, dan kruist men de laatste wederom met het eene ouderras of met rassen, welke elders uitmunten enz. Deze werkwijze geeft groote kans van slagen, wanneer wij te doen hebben met zelfbevruchters.

Ook bij vreemdbevruchters kan deze werkwijze vooral bij planten, waarbij het aantal nakomelingen per plant soms zeer groot is, een bruikbaar resultaat geven. De kans van slagen is hier het grootst, indien bij deze vreemdbevruchters ook zelfbevruchting mogelijk is, zoodat men van insluiting van individuen gebruik kan maken. Bij menschen is niet alleen zelfbevruchting uitgesloten, maar het aantal nakomelingen is tevens zeer klein. Daarom zou bij menschen niet deze, maar eene van de dadelijk te bespreken methoden moeten worden toegepast.

Hebben wij met een ras te doen, waarbij uitsluitend vreemdbevruchting regel is, dan bestaat dit zoogenaamde ras uit een mengsel van meerdere rassen. Hier wordt in den regel veredeling in het *rasmengsel* toegepast, waarvoor de veredeling van de suikerbiet, welke reeds meer dan 50 jaren regelmatig geschiedt, een uitstekend voorbeeld is.

De hierbij te Klein-Wanzleben en door Dippe (Quedlinburg) gevolgde werkwijze komt kort op het volgende neer.

Men begint uit den geheelen bietenoogst een klein aantal planten uit te zoeken, welke aan de voorafgestelde eischen het meest voldoen.

Van ieder dezer planten wordt afzonderlijk zaad gewonnen en het zaad van elke plant ook op een afzonderlijk perceeltje uitgezaaid. De planten van elk perceel worden dan onderzocht, om vast te stellen, welke individuen hunne eigenschappen op de nakomelingen het krachtigste hebben vererfd. Uit de planten van die perceelen, welke het in dezen zin beste gewas opleveren, worden wederom enkele uitmuntende individuen uitgezocht en daaraan nummers gegeven, terwijl tevens voor elk nummer-individu een stam (familie) van, stel 12,

eveneens uitmuntende planten gevormd wordt. De rest der planten wordt van de veredeling uitgesloten, dus verwijderd.

De nummerbieten worden gephotographeerd, om den habitus van de nakomelingen met dien van de moederplant te kunnen vergelijken.

Van elke nummerbiet, evenals van den bij haar behoorenden stam, wordt op afzonderlijke, ver van elkaar afliggende, perceeltjes zaad gewonnen en dit wederom op afzonderlijke perceelen uitgezaaid.

Uit de zoo verkregen nakomelingen van de nummerbiet en van haren stam worden wederom nummerbieten, en bij elke nummerbiet, een aantal bieten voor het vormen van den stam uitgezocht. De rest der planten dient voor het winnen van handelszaad door middel van z.g. „Stecklingsrüben". Deze werkwijze wordt voortdurend voortgezet, echter de stammen, welke minder voldoen, verwijderd; het aantal stammen zou anders te groot worden.

Zooals men ziet, kan het aantal stammen, welke van ééne nummerbiet afstammen (Individualzucht) in de opvolgende jaren steeds grooter worden. Worden uit elken stam bijv. 4 nummerbieten gekozen, dan levert de eerste, uit eene nummerbiet verkregen stam, vier nieuwe stammen; deze laatste samen 4×4, deze zestien stammen wederom 64 stammen enz.

Het resultaat van deze, over een groot aantal jaren consequent doorgevoerde, veredelingsmethode is dan ook, dat het totale aantal stammen, dat wordt gehouden, slechts nog tot een, twee of drie typen behoort, welke in de gewenschte voornaamste eigenschappen: gewicht per plant, suikergehalte en zuiverheid van het sap (zuiverheidsquotiënt) eene betrekkelijk geringe variabiliteit vertoonen.

De reden, waarom deze veredeling jaar in jaar uit op deze wijze moet worden voortgezet, ligt hierin, dat, bij het ophouden daarmede, de waarde van het gewas betrekkelijk snel achteruit gaat.

Het laatste gebeurt soms bij enkele stammen zeer plotseling, niettegenstaande de uitmuntende individuen met de grootste zorg zijn gekozen, en voor de beoordeeling uit elk individu stukken worden genomen, welke aan een physisch of chemisch onderzoek worden onderworpen. Voor het verkrijgen van een in bepaalde, gewenschte, eigen-

schappen meer constant ras is tot heden althans nog geen gebruik gemaakt van de insluiting van individuen (welke zeer wel mogelijk is), om deze daardoor tot eigen bevruchting te dwingen en bevruchting door andere individuen uit te sluiten. Op te merken is, dat men hier met een eenvoudig geval te doen heeft, omdat de veredeling slechts ten doel heeft, een hoog suikergehalte bij een voldoend gewicht en bij voldoende sapzuiverheid van de wortels in het gewas te verkrijgen; maar niettemin vereischt deze veredeling veredelaars, welke hun vak geheel en al beheerschen. Alleen of de nummerbiet voldoende zacht is, wat voor de verwerking in de fabriek van belang is, wordt soms nog uit het relatief hooger of lager sapgehalte der wortel beoordeeld.

Bij menschen zou deze veredelingsmethode zonder resultaat zijn, tenzij bij het snijden van stukken uit het menschelijke lichaam voor het physisch-chemisch onderzoek bleek, dat eene erfelijke ziekte werd geconstateerd, waardoor het meest edele individu voor de veredeling ware uittesluiten. Maar deze geheele veredelingsmethode kan bij menschen reeds daarom geene toepassing vinden, omdat hierbij de kenmerken, waarnaar de beoordeeling moet geschieden, niet maar zoo voor de hand liggen, maar ook, omdat de bevolking er zich niet aan zal onderwerpen, dat van ieder, stel millioenen individuen, er twee uitgekozen worden, voor het leveren van het nageslacht, terwijl alle anderen daarvan worden uitgesloten. Uit deze nakomelingen zouden dan telkens wederom enkele uitmuntende individuen moeten worden uitgekozen, omdat, zooals gezegd, de ervaring geleerd heeft, dat de nakomelingen daarvan zeer verschillende waarde hebben.

Indien bijv. in Nederland de veredeling met 10 tot 20 echtparen werd begonnen, dan zou het lang duren, voordat bij deze veredelingsmethode het land voldoende werd bevolkt met leden van het veredelde ras.

De hier getrokken conclusie geldt ook voor de door de firma Kuhn & Co bij de veredeling van suikerbieten toegepaste, door H. W. Kuhn uitgewerkte, herhaaldelijk gewijzigde en daardoor verbeterde werkwijze, zooals uit de volgende korte schets kan blijken.

In plaats van uittegaan van enkele individuen, worden elk jaar eenige honderd exemplaren, familiehoofden genaamd,

uitgekozen. Van elk familiehoofd wordt dan hierdoor eene betrekkelijk groote hoeveelheid zaad gewonnen, dat de familiehoofden vroegtijdig (reeds in den winter) in een warmhuis worden geplaatst, tengevolge waarvan in de oksels van de bladeren knoppen ontwikkelen. Hierdoor wordt het mogelijk, elk familiehoofd overlangs in 10 tot 20 stukken te snijden — houtige exemplaren worden dan weggedaan — waarvan ieder stuk eenen zaaddrager kan leveren. Deze 10 à 12 stukken worden naast elkaar in eene groep uitgepoot en daarvan zooveel zaad gewonnen, dat door middel hiervan een jaar vroeger zaad in den handel kan gebracht worden, dan bij de Duitsche werkmethode. Het zaad van elk familiehoofd, dat aan bepaalde eischen voldoet, wordt op 3 à 4 perceeltjes uitgezaaid, waarvan elk perceeltje voor 5 rijen van 100, dus gezamenlijk voor 500 planten, berekend is. Van 100 individuen van elk perceeltje, waarop de stand van het gewas voldoet, wordt het gemiddeld suikergehalte en bij het oogsten van alle individuen per perceeltje het gewicht per wortel bepaald, om daaruit afteleiden, of de vererving van de eigenschappen van de moederplant op de nakomelingen voldoende is. Tusschen de perceeltjes wordt een zeker aantal standaardperceeltjes, bezaaid met een zelfde zaad, aangelegd, waarvan het doel is, het verschi van de vruchtbaarheid van den grond van de verschillende perceelen vaststellen en bij de beoordeeling van het gewas daarmede rekening te houden.

Van de groepen van 3 à 4 perceeltjes blijken ongeveer 15 (Dr. K. Tjebbes, „De veredeling van de suikerbiet") aan de hoogste eischen te voldoen.

Hieruit worden nieuwe familiehoofden gekozen en de rest voor het winnen van zaad uitgepoot, en dit laatste zaad dan wederom uitgezaaid voor het leveren van z.g. Stecklingsrüben, welke dan het zaad voor den handel opleveren.

De bespreking van de middelen, als isoleering en kruising van planten, waardoor in 't vervolg getracht zal worden, een type van hooge waarde te verkrijgen met eene groote constantheid in de verlangde eigenschappen, kan hier achterwege blijven.

Bij varkens zijn en worden bruikbare resultaten daardoor verkregen, dat een nog niet veredeld, zoogenaamd landras,

gekruist wordt met een hoog veredeld ras. De producten van deze kruising blijken voor een bepaald doel, de vetmesting, zeer geschikt te zijn. Uit deze kruisingsproducten een edel varkensras voorttebrengen, is gebleken, buitengewoon moeilijk te zijn, niettemin varkens een betrekkelijk groot aantal biggetjes voortbrengen, maar men is daarin in Duitschland tenslotte geslaagd.

Dat deze veredelingsmethode voor het op hooger peil brengen van een cultuurvolk geene toepassing kan vinden, behoeft geen betoog. De ervaring heeft zelfs geleerd, dat het kruisen van leden van een hoog ontwikkeld cultuurvolk met een onontwikkeld natuurvolk soms opzettelijk vermeden wordt, zooals bij de Zuid-Afrikaners, die van Europeesche cultuurvolken afstammen.

Huisdiergroepen, welke voor den mensch reeds eene hooge waarde hebben, zijn met goeden uitslag daardoor verder veredeld, dat voor dit doel een of weinige mannelijke individuen werden uitgekozen, welke boven alle overige in, voor den fokker gewenschte, eigenschappen, zoover dit althans te beoordeelen is, uitmuntten. Deze dieren liet men dan met een groot aantal vrouwelijke dieren paren, welke in eigenschappen liefst eveneens uitmuntten. Blijkt nu, dat van hunne nakomelingen een betrekkelijk groot aantal de eigenschappen van het mannelijke dier sterk heeft geërfd, dan laat men de uitmuntende vrouwelijke nakomelingen met het vaderdier op nieuw paren, wat in de volgende generaties zoodanig wordt voortgezet, dat het paren in de nauwste verwantschap wordt vermeden.

Door het vermijden van het gebruik van minderwaardige mannelijke dieren en de bevordering van het aanhouden van vrouwelijke dieren van betrekkelijk hooge waarde, gaat de groep dan in waarde hebbende eigenschappen vooruit. Uitmuntende mannelijke dieren van de afstammelingen der opvolgende generaties worden dan wederom voor de veredeling aangehouden. Men verkrijgt zoodoende „lijnen" van dieren, welke afstammen van een uitmuntenden stamhouder, die zich voortzet in mannelijke nakomelingen van eveneens hooge waarde, zoodat de geheele lijn opgevoerd wordt in de richting van de uitmuntende eigenschappen van den stamhouder.

Eenig nadenken leert, dat ook deze veredelingsmethode

voor een cultuurvolk niet is toe te passen, ook al zou dit besluiten, de monogamie op te heffen.

Uit het feit van de eenvoudige echt bij de christelijke cultuurvolken blijkt, dat bij deze de opvoeding van het kind voor *het middel* wordt gehouden, waardoor het volk tot een hooger ontwikkelingspeil moet worden gebracht.

Zonder twijfel zal deze opvatting bij deze cultuurvolken blijven bestaan, omdat het denken oorspronkelijk en algemeen is, dus *niet* zooals lichaamseigenschappen geërfd kan worden.

Het lichaam is voor de ontwikkeling van den geest wel onontbeerlijk, maar bij voldoende ontwikkeling van den geest beheerscht niet het lichaam den geest, maar omgekeerd. Hoe verder de ontwikkeling van den geest voortschrijdt, des te volkomer kan deze het lichaam aan zich dienstbaar maken en dit tenslotte geheel onder zijne heerschappij brengen.

Hoewel de gezondheid van het lichaam zonder twijfel van groote beteekenis is voor de ontwikkeling van den geest, is niet te zeggen, welke kwantitatieve verhouding van de organen van het lichaam voor de ontwikkeling van den geest de gunstigste is. In elk geval is een krachtig en gezond lichaam voor het individu een voordeel voor den lichamelijken arbeid. Maar met een krachtig en gezond lichaam gaat geenszins per se een hoog ontwikkelde geest gepaard. Ik ben met iemand op school geweest, die op twee krukken liep en een grooten bochel had, maar wiens geestelijke ontwikkeling niets minder was, dan die van de meest ontwikkelden van zijnen leeftijd. Het *geestelijke* milieu bepaalt in elk geval de ontwikkeling van den geest. Zelfs het dier is voor dit milieu gevoelig; lastige huisdieren zijn in hunne jeugd in onbekwame handen geweest. Van eene *vererving* van hoogontwikkelde geesten, welke toch voor de veredeling zouden zijn te kiezen, zijn feiten niet bekend, de nakomelingen van deze zijn geestelijk soms zelf weinig ontwikkeld. Indien van eenzelfde gezin een kind in vergelijking tot de andere kinderen geestelijk hoog ontwikkeld is, mag dit feit niet zonder meer uit den bouw van zijn lichaam afgeleid worden. Verschillende kinderen van hetzelfde gezin verkeeren op een gelijken leeftijd nooit onder dezelfde geestelijke omstandigheden.

Indien eens de proef zoo werd genomen, dat 1000 kin-

deren van weinig ontwikkelde gezinnen onmiddellijk na hunne geboorte uitgewisseld werden met 1000 kinderen van meer ontwikkelde gezinnen, en dan hunne geheele opvoeding ontvingen bij de nieuwe ouders, dan zou de werking van het geestelijk milieu op de geesteontwikkeling van de kinderen wel duidelijk uitkomen, indien althans de aangenomen kinderen geheel als de eigene werden opgevoed.

Wij komen dus tot de conclusie, dat de *opzettelijke* veredeling van een rassenmengsel van een cultuurvolk stellig niet licht in praktijk zal worden gebracht. Het eenige, wat mogelijk is en ook werkelijk reeds geschiedt, is, het terzijde stellen van nonvaleurs. Zijn individuen zoodanig erfelijk belast, dat de kinderen daarvan met zekerheid bepaalde ziekten erven, dan kan de Staat er toe overgaan, zorg te dragen, dat daarvan geen kinderen komen.

Maar de ervaring heeft geleerd, dat de veronderstelde erfelijkheid en ongeneeselijkheid van ziekten dikwijls het gevolg is geweest van gemis aan kennis, en dat de geest in eene zieke persoon soms tot zeer hooge ontwikkeling kan komen.

Voor het op hooger peil brengen van een cultuurvolk blijft dus geen ander middel over, dan de *cultuur zelf*, dus het scheppen door het volk zelf van omstandigheden, welke voor de ontwikkeling van den geest gunstig zijn. Dit middel kan niet alleen worden toegepast, maar het is ook in staat, bevredigende uitkomsten te geven, omdat de mensch zich van elk ander dier onderscheidt door het denken.

Wij zagen, dat de geest de openbaring is van de Idee, en het doel van den mensch, zijnen geest zoover tot ontwikkeling te brengen, dat deze het lichaam beheerscht. Het is van het grootste belang, dat tot den geest van elk cultuurvolk, langs welken weg dan ook, het bewustzijn doordringt, dat het doel van diens streven moet zijn, den menschelijken geest tot de hoogste ontwikkeling te brengen en dat dit geschieden *kan* en *moet* door de cultuur. Het stereotype gezegde, dit of dat is aangeboren, dus geërfd in den zin van het aangeboren zijn van rood of zwart haar of van blauwe of bruine oogen, moet plaats maken voor het nadenken over de meest doeltreffende middelen, waardoor de leden van het volk moeten worden opgevoed.

Deze middelen juist te bepalen en juist toetepassen is verre van eenvoudig en de wegwijzers zijn ook hier de groote denkers, welke ons het wezen van den mensch en van de dingen meer of minder volkomen hebben geopenbaard. Elke opvoeder moet er in elk geval van doordrongen zijn, dat de gezonde ontwikkeling van het menschelijke lichaam niet doel op zichzelf, maar het middel is voor de ontwikkeling van den geest. Dat er tusschen de ontwikkeling van den geest en het lichaam van den mensch eene wisselwerking in dezen zin bestaat, dat die van den eerste mede van de ontwikkeling van het lichaam afhangt, is natuurlijk juist, maar het doel is de ontwikkeling van den geest, zoodat dan ook het lichaam van een geestelijk hoog ontwikkeld individu tenslotte gestempeld is door de ontwikkeling van diens geest. Ook het hoog ontwikkelde cultuurvolk draagt den stempel van den volksgeest, indien het ook waar is, dat de door de natuur gegeven omstandigheden niet alleen op de vorming van het rastype, maar ook op die van het volkstype, zich doen gelden.

Heeft dan de kruising van verschillende menschenrassen, welke van het verkeer van verschillende volken het onvermijdelijke gevolg is, op de ontwikkeling van de afzonderlijke cultuurvolken geenerlei invloed gehad?

Zonder twijfel is hierdoor het volkstype evenzeer als door de met de natuur gegeven omstandigheden, waaronder de volken leven, mede beinvloed. Beide samen drukken, zooals reeds werd opgemerkt, mede hun stempel op het karakter van de volken.

Zoo zijn de Zuid-Afrikaners wel oorspronkelijk Nederlanders, maar verschillen van de laatste toch in volkstype. Ik ben in Westphalen geboren, maar ik heb door een korter of langer verblijf in verschillende streken van Duitschland zeer veel verschillende volkstypen in dit land leeren kennen. De Westphaal is een ander type dan de Thüringer of Sakser, alle drie verschillen van den Oostpruis. Dat Pruisen, Beieren en Wurtembergers verschillende volkstypen zijn, is algemeen bekend. Trouwens, den Nederlanders behoeft men niet te zeggen, dat hun volk verschillende volkstypen bevat. Maar dit verschil van volkstypen behoeft nog geen reden te zijn, met het doel van de veredeling opzettelijke kruising toetepassen. Aangenomen deze ware voor dit doel prac-

tisch uitvoerbaar, dan zouden wij toch, voordat wij daartoe overgaan, van het verband, wat er bestaat, tusschen het behooren tot een bepaald ras of het zijn van een bepaalde bastaard, wat menschen in den regel zijn, en de ontwikkeling van den menschelijken geest, meer moeten weten, dan feitelijk het geval is. Juist de vraag, of bij menschen opzettelijke kruising mag worden toegepast, dwingt ons vooral in dezen tijd er toe, het onderscheid van de tweeheid lichaam en geest scherp te accentueeren, om deze tweeheid als eenheid te denken.

En dan zal er niemand aan twijfelen, dat de ontwikkeling van den geest van den mensch door geheel andere middelen tot stand moet komen, dan door die voor het lichaam van den mensch en van het dier.

Beschouwen wij het lichaam als de plaats, waar en als het werktuig, waardoor de menschelijke geest mede tot ontwikkeling moet komen, dan begrijpen wij de groote beteekenis van de bruikbaarheid van dit werktuig en tevens van welke beteekenis het is, dat de denkende mensch op de bruikbaarheid, evenals op de ontwikkeling, daarvan invloed kan uitoefenen. In corpore sano mens sana verkrijgt dan eenen diepen zin. Wij begrijpen dan de volharding van de mannen van natuurwetenschap, om van alle voorwaarden voor de ontwikkeling van het menschelijk lichaam eene diepgaande studie te maken. De kennis van de bestanddeelen van de moedermelk en van de stoffen, die als voedsel kunnen dienen, stellen den mensch in staat, het kind in leven te houden, wanneer de moeder sterft, of wanneer zij buiten staat is, het kind te voeden. De medische wetenschap wijst den weg aan, om de vele stoornissen in de ontwikkeling van het menschelijk lichaam te bestrijden, welke dit werktuig minder geschikt maken voor het doel, om de gezonde ontwikkeling van den geest te doen plaats grijpen.

Het belang van den vooruitgang van deze wetenschap en van hare toepassingen ligt in het uit den weg ruimen van de waarlijk niet geringe ellende, welke de veelvuldige stoornissen in het menschelijk lichaam en in diens ontwikkelingsproces ten gevolge hebben.

Wij begrijpen de beteekenis ook van andere toegepaste wetenschappen als de landbouwwetenschap, de technische

en handelswetenschappen, waarvan de beoefening onze kennis vermeerdert van de verschijnselen in de planten en dierenwereld, van de eigenschappen van den grond en van de afhankelijkheid van het dier en den mensch van de daarop en daarin levende plantenwereld, van de afhankelijkheid der menschen van hunne samenwerking op economisch gebied enz., welke kennis den man van de praktijk in staat stelt, goederen in voldoende kwantiteit voort te brengen, waarmede de toenemende menschenmassa zich kan voeden, kleeden en zich van woningen voorzien.

Maar wij begrijpen ook het goed recht en de waarde van de wijsbegeerte, welke ons inlicht over het wezen der dingen, en het bewijs levert, dat de geest een andere waarde heeft dan het lichaam en dat het beste werktuig waardeloos is, indien het denken ontbreekt, dat het werktuig in werking en in zijn volle waarde weet te houden.

Daarmede wordt dan tevens de beteekenis duidelijk van alle die wetenschappen, waarvan de gezonde ontwikkeling van den menschelijken geest het doel is. Immers eerst de tot volkomen ontwikkeling gekomen geest is vrij.

En dat ook stoornissen in den ontwikkelingsgang van volken verrijkende gevolgen kunnen hebben, bewijst de ellende, waarin haast de geheele menschheid door den tegenwoordigen oorlog is gedompeld. Ook hier houdt het verstand, een noodzakelijke ontwikkelingstrap van den menschelijken geest, tegenstellingen als recht en macht, vrijheid en afhankelijkheid, demokratie en aristokratie vast, welke door de rede tot eenheid moeten worden gebracht.

Mij dunkt, ieder, die niet van gevoel ontbloot is en zich kan indenken in het ontzaggelijke lijden, dat deze oorlog aan zijne medemenschen oplegt, moet verlangen naar den ommekeer van den wil der leiders van de oorlogvoerende volken, zoodat de oorlog in vrede verkeert.

Tot het slot van ons onderwerp gekomen zijnde, herhalen wij, dat het van de grootste beteekenis is, dat de mensch door het denken tot het inzicht komt van het onderscheid van lichaam en geest, en dat hij met al zijne zedelijke kracht volhardt in het streven, om den menschelijken geest tot zoodanige ontwikkeling op te voeren, dat deze de Idee d. i. de waarheid, begrijpt.

Haar begrijpende zal hij inzien, dat de beoefening van

de wetenschap in alle hare takken het belangrijkste kenmerk is van een hoogstaand cultuurvolk, omdat het weten het levensdoel is van den mensch en omdat de wetenschap de middelen moet weten te vinden, om de ontwikkeling van de menschen, ook in hunne groepeering tot volken, gezond te houden.

De kennis van de erfelijkheidsverschijnselen in de planten- en dierenwereld geeft ons mede de macht, om voor de ontwikkeling van het menschelijk *lichaam* gunstige voorwaarden te scheppen; de cultuurwaarden geven ons het middel in handen, om den menschelijken *geest* tot ontwikkeling te brengen, en de Idee, de *rede*, *tot macht* te doen komen.

HET RELATIVITEITSBEGINSEL [1])

DOOR

M. J. VAN UVEN

I. INLEIDING.

De natuurkunde heeft ons sedert haar bestaan als zelfstandige wetenschap telkens verrassingen bereid. Elke nieuwe theorie, die samenhang bracht tusschen tevoren gescheiden gebieden van ons natuurkennen, werkte eenigszins verbijsterend door de ongedwongenheid waarmee ze vastgewortelde opvattingen aanrandde; ze bracht den een in verrukking, vervulde den ander met afgrijzen, wekte bij een derde hilariteit op, al naar gelang van hun ontvankelijkheid voor nieuwe denkbeelden. Om ons te bepalen bij de laatste eeuw, hoe hebben de theorieën: dat electriciteit en magnetisme uit één natuurkracht voortspruiten, dat warmte een vorm is van arbeidsvermogen van beweging, dat het licht een electromagnetisch verschijnsel is, dat de electriciteit atomistisch verdeeld is, dat zelfs het arbeidsvermogen slechts bij afgepaste porties overgedragen wordt, — hoe hebben al deze theorieën ons beeld van de natuurverschijnselen geleidelijk maar grondig gewijzigd!

Toch kan men niet zeggen, dat de natuurkunde sedert GALILEI (± 1600) en NEWTON (± 1700) op de denkgewoonten van haar beoefenaars buitensporige aanslagen deed; de wijsgeerige grondbegrippen werden vrijwel onaangetast gelaten; aan de intuïtieve voorstellingen werd geen noemenswaard geweld aangedaan.

Hoe moet het ons dan wel te moede zijn tegenover een theorie, die onze dierbaarste overtuigingen doet wankelen,

[1]) Dit opstel is, op enkele aanvullingen na, het verslag van een tweetal voordrachten door den schrijver gehouden voor het Natuurwetenschappelijk Gezelschap te Wageningen op 15 en 23 Oct. 1917.

die van ons het offer eischt, dat we onze zekerste wijsgeerige geloofswaarden prijsgeven! Zulk een natuurbeschouwing zullen we voorzeker, hoe gaarne we ook bereid zijn ons inzicht te verruimen, met groote terughouding gewapend tegemoet treden. Maar onze houding tegenover zulk een theorie zal niet alleen het kenmerk dragen van een zekere nuchtere kritiek, ze zal ook getuigen van geestdriftige belangstelling voor een natuurwetenschappelijk kunstwerk; en die belangstelling zal, zoodra we ons opgeheven gevoelen naar de gedachtensfeer, waarin die kunstschepping het aanzijn kreeg, geleidelijk overgaan in bewonderend begrijpen.

Van zulk een wetenschappelijk-hooge geboorte nu is de leer van de *relativiteit der bewegingen*, waarmee sedert korten tijd (1915) ALBERT EINSTEIN de natuurwetenschap heeft verrijkt en die zulk een vermetelen aanslag heeft gepleegd niet alleen op de natuurkundige maar ook op de wijsgeerige gronddenkbeelden der meeste natuuronderzoekers, dat het zeker niet gewaagd is, in navolging van PLANCK, haar te vergelijken met de scheppingsdaad van COPERNICUS, die, met minachting van de toenmalige theologisch-wijsgeerige dogma's, het ingewikkelde wereldstelsel van PTOLEMAEUS ontwarde tot ons zonnestelsel.

Het spreekt vanzelf, dat een theorie, die zoo diep in de intuïtieve voorstellingen grijpt en daarenboven zich van de meest abstracte wiskundige beelden bedient, zich niet bijzonder leent tot een lichtbevattelijke behandeling. Van den hoorder of lezer wordt verlangd, dat hij de operatieve verwijdering van enkele hinderlijke vergroeiingen in zijn geestesorgaan als een opluchting ondervindt, terwijl hij zich eigenlijk in 't geheel niet onwel voelde en aan genezing niet de minste behoefte had. Bovendien zal het wiskundig betoog, dat, om tot een iets meer dan oppervlakkig inzicht te geraken, helaas onvermijdelijk is, menigmaal een beroep moeten doen op het — gelukkig zelden ontbrekend — gevoel voor analogie, zoowel in algebraïschen als in meetkundigen zin. Moge niettemin de volgende uiteenzetting een zij 't ook ruwe schets geven van de wijze, waarop de theorie wiskundig is verwerkt.

De leer van de relativiteit der bewegingen is in twee

tempo's ontworpen. In 1905 kwam EINSTEIN te voorschijn met een relativiteitsbeginsel, dat in zekeren zin kon beschouwd worden als sluitstuk van de onderzoekingen van onzen landgenoot Prof. H. A. LORENTZ over de electromagnetische verschijnselen in zich bewegende lichamen. In 1915 gaf EINSTEIN van deze eerste theorie een uitbreiding, die haar tot den hoogsten graad van algemeenheid opvoerde. Vandaar dat men, in tegenstelling met het *algemeen relativiteitsbeginsel* van 1915, de in 1905 verschenen theorie aanduidt met den naam: *bijzonder relativiteitsbeginsel.*

We zullen eerst het bijzondere relativiteitsbeginsel bespreken; deze theorie vormt, in overeenstemming met de historische lijn, de natuurlijke en onontbeerlijke inleiding tot het algemeene relativiteitsbeginsel.

De beide relativiteitsbeginsels spreken van de betrekkelijkheid der beweging. Wat hebben we onder deze betrekkelijkheid der beweging te verstaan?

Een beweging of plaatsverandering kan eerst dan volledig omschreven worden, als men opgeeft *ten opzichte van welke omgeving* de verandering van plaats beschouwd wordt. Een beweging zou alleen dan absoluut kunnen genoemd worden, wanneer er een ruimtelijke omgeving bestond, waarvan het ongerijmd ware te onderstellen dat ze zich beweegt. Zulk een ruimtelijke omgeving nu is logisch onbestaanbaar. Niemand kan op logische gronden bewijzen, dat een persoon, die zichzelf in rust beschouwt, inderdaad in rust verkeert of integendeel zich beweegt. Het eenige wat van hem gezegd kan worden is dat hij rust of zich beweegt t.o. van een zekere stoffelijke omgeving; maar de persoon zelf heeft het volste recht deze omgeving als stilstaand te beschouwen of haar zulk een beweging toe te kennen, dat hij zelf in rust is. Een absolute, objectieve beweging is dus ondenkbaar, d.w.z. logisch onmogelijk. In logischen zin is alle beweging betrekkelijk, d.w.z. eerst bepaald zoodra de omgeving wordt aangegeven t.o. waarvan de beweging plaats heeft.

Hoewel nu ons denkvermogen zich tegen de volstrektheid der bewegingen verzet, heeft toch de natuurkunde tot voor zeer korten tijd geleerd, dat de meeste bewegingen een zekere mate van objectiviteit hadden, dat m. a. w. de

waarnemingen ons een omgeving aanwezen, waaraan een bijzonder bevoorrechte plaats toekwam, in dien zin, dat de natuurwetten een opvallend eenvoudige uitdrukking kregen, wanneer die omgeving in rust of hoogstens in een eenparig-rechtlijnige beweging werd gedacht. Deze omgeving viel, zoo nauwkeurig als de waarnemingen dat konden aantoonen, samen met de omgeving zooals die gevormd wordt door het geheel van de voor ons zichtbare vaste sterren. De gedaante der natuurwetten zou, als men de rust (of de eenparig-rechtlijnige beweging) van het sterrenstelsel opgaf, zóoveel ingewikkelder, om niet te zeggen: zóo totaal onbruikbaar worden, dat men aan dien bijzonderen bewegingstoestand van het sterrenstelsel een wezenlijk, een absoluut karakter ging toekennen, niettegenstaande wij ons geen enkele beweging anders dan relatief kunnen denken.

Het is nu aan EINSTEIN gelukt aan te toonen, dat de bevoorrechting van het sterrenstelsel (later van den aether) en de daarmee samenhangende bijzondere vorm der natuurwetten berustten op een vooroordeel in onze natuurbeschouwing. Door dit vooroordeel te overwinnen heeft EINSTEIN niet alleen het sterrenstelsel en den aether ontroond en zoo de natuurbeschrijving in overeenstemming gebracht met de a-prioristische wetten van ons denken, maar tevens de wijsgeerige grondslagen van ons natuurkennen van een *natuurkundig* standpunt uit belicht en ons opnieuw getoond, dat de wijsbegeerte en de natuurkunde niet elkaars vijanden zijn, maar integendeel elkaars bondgenooten in de jacht naar natuurkennis.

II. HET RELATIVITEITSBEGINSEL DER KLASSIEKE MECHANICA.

Om een denkbeeld te krijgen van de draagwijdte der relativiteitstheorie zullen we in 't kort aangeven hoe de voorstellingen aangaande den aard der beweging zich in den loop der eeuwen hebben ontwikkeld.

We beginnen daartoe met hetgeen ARISTOTELES (384— 322 v. Chr.) omtrent de beweging leerde.

Volgens ARISTOTELES staat de aarde stil; binnen deze stilstaande aarde ligt het middelpunt der wereld. Alle voorwerpen of lichamen hebben hun plaats van bestemming, de zware beneden (d. i. zoo dicht mogelijk bij het middel-

punt der wereld), de lichte (bijv. de dampen) boven. Elk lichaam tracht door een „natuurlijke" beweging zijn plaats van bestemming te bereiken. De zware voorwerpen doen dit door te „vallen". Slechts door een „kunstmatige" beweging (bijv. een worp) kunnen de lichamen van hun plaats van bestemming verwijderd worden.

Bij ARISTOTELES wordt *alle beweging geconstateerd t. o. van de vaste, rustende aarde.*

De natuurlijke beweging der aardsche lichamen is *rechtlijnig* (de zware voorwerpen vallen *recht* naar beneden). Daarentegen volbrengen de eeuwige hemellichamen van nature de eindelooze, onvergankelijke, steeds gelijkmatige cirkelbeweging om het middelpunt der wereld.

Elke beweging, *ook de gelijkmatige*, eischt — als *verandering van plaats* — een *oorzaak*, hetzij deze oorzaak in de „natuur" der dingen ligt, zooals bij de natuurlijke beweging, hetzij ze kunstmatig is, zooals bijv. bij een wagen, die om met gelijkmatige snelheid voort te gaan voortdurend getrokken of geduwd moet worden. Alleen de rust, d. w. z. de rust t. o. van de aarde, behoeft geen oorzaak.

Wie onbevangen deze „bewegingsleer" beoordeelt en er rekening mee houdt, dat ten tijde van ARISTOTELES nog geen natuurkundige proeven genomen werden ten einde aan de natuur concrete vragen te stellen, zal moeilijk kunnen ontkomen aan een gevoel van bewondering voor een zóo eenvoudige en zóo harmonieuze natuurverklaring. Het behoeft ons dan ook geenszins te verbazen, dat het wereldbeeld van ARISTOTELES bijna twintig eeuwen lang voor het eenig ware heeft gegolden, althans bij de groote massa der „geleerden", die liever a priori, met de oogen dicht, uit hun theologische bespiegelingen een wereldschema samenstelden, waaraan de stoffelijke werkelijkheid zich maar moest aanpassen, dan hun handen, ja zelfs hun geest te verontreinigen door aanraking met het vuile stof en deszelfs minderwaardige eigenschappen.

Met des te meer eerbied worden we vervuld jegens de mannen, die zich aan het hardnekkige vooroordeel tegen proefondervindelijk onderzoek wisten te ontworstelen. Met voorbijgaan zelfs van LEONARDO DA VINCI (1452—1519) en COPERNICUS (1473—1543), zullen we het eerst stilstaan bij

GALILEO GALILEI (1564—1642), die het eerst de wetten der valbeweging stelselmatig uit opzettelijk daartoe ingerichte proeven afleidde en zoo den grondslag legde van een bewegingsleer in den strengen zin, dien wij eraan hechten.

GALILEI nam waar, dat de valsnelheid in vertikale richting in gelijke tijdsintervallen met gelijke bedragen toeneemt, dat m. a. w. de *versnelling* (d. i. de snelheidsvermeerdering per tijdseenheid) constant is, of, in onze uitdrukkingswijze: dat de valbeweging eenparig versneld is. Verder merkte GALILEI op, dat de beweging langs een hellend vlak gelijksoortig is met die van den vrijen val, dat n.l. alleen het bedrag van de versnelling kleiner is, en wel des te geringer, naarmate het hellend vlak een kleineren hoek maakt met het horizontale vlak. Uit de wijze, waarop de versnelling met dezen hoek afneemt, besloot GALILEI, dat bij de beweging in een horizontaal vlak (waarbij deze hoek nul is) de versnelling nul is, dat m. a. w. de snelheid niet veranderd wordt, dus een standvastige waarde behoudt.

Volgens GALILEI was dus het kenmerkende der valbeweging niet de snelheid maar de versnelling, en deze *versnelling* moest een oorzaak hebben, moest te danken zijn aan een kracht vergelijkbaar met de trekkracht, die wij zelf met onze spieren kunnen uitoefenen. Bij afwezigheid van een kracht verdwijnt niet de snelheid maar de versnelling, d.i. de verandering in snelheid, hetzij in grootte, hetzij in richting, hetzij in beide. Zoodoende werd door GALILEI onder alle bewegingsvormen één bijzondere uitverkoren, voor welker instandhouding geen kracht vereischt werd, n.l. de *eenparig-rechtlijnige beweging*.

Uit het hier medegedeelde blijkt, hoezeer het standpunt van GALILEI afweek van dat van ARISTOTELES, die voor *alle* bewegingen, óok voor de eenparig-rechtlijnige, een oorzaak noodig oordeelde.

Dat een lichaam, waarop geen kracht werkt, volhardt in den toestand van rust of eenparig-rechtlijnige beweging waarin het zich eenmaal bevindt, wordt uitgedrukt in de wet der z.g. *traagheid* (d.i. weerzin tegen verandering van bewegingstoestand). Deze wet is, hoewel het beginsel ervan rechtstreeks uit de proeven van GALILEI volgde, voor het eerst duidelijk geformuleerd door onzen landgenoot CHRISTIAAN HUYGENS (1629—1695). De wet der traagheid

was verder een van de grondbeginselen van de bewegingsleer van ISAAC NEWTON (1642—1727).

We willen nu nagaan welk een invloed de wet van de traagheid heeft op de natuurwetten. De natuurwetten geven aan hoe de tusschen verschillende lichamen werkende natuurkrachten afhangen van den onderlingen stand der lichamen. Hierbij worden voorloopig de electromagnetische krachten (om een later te vermelden reden) buiten spel gelaten, zoodat we alleen de z.g. „mechanische" natuurwetten in onze beschouwing opnemen.

Terwille van den eenvoud der voorstelling zullen we onze „natuur" beperken tot een zekere rechte lijn AB, tusschen welker punten al of niet krachten werkzaam zijn.

Het punt P (zie fig. 1) moge zich (onder den invloed van een standvastige kracht) met een eenparig versnelde beweging langs AB bewegen; zijn aanvangssnelheid (snelheid op den tijd $t = 0$ sec.) zij 10 M. p. sec., de versnelling, d.i. de snelheidstoename per seconde, zij 1 M. p. sec.

De snelheid en de versnelling worden positief gerekend in de richting van A naar B.

Het punt Q blijve in rust.

Het punt R bewege zich met een eenparige snelheid van 5 M. p. sec. naar Q toe; de snelheid van R bedraagt dus voortdurend —5 M. p. sec.

FIG. 1.

Het punt S neme deel aan een eenparig versnelde beweging. Zijn aanvangssnelheid zij 20 M. p. sec. in de richting van Q; deze moge afnemen met 3 M. p. sec.; d.w.z. zijn snelheid op den tijd $t = 0$ is —20 M. p. sec., en de versnelling, die een verzwakking van deze negatieve snelheid bewerkt, bedraagt + 3 M. p. sec.

Men vindt dan op den tijd:				0 sec.	1 sec.	2 sec.	3 sec.	
voor de snelheid van P t.o. van Q				10	11	12	13	M. p. sec.
„ „ „ „	R	„	„	Q	—5	—5	—5	—5	„ „ „
„ „ „ „	S	„	„	Q	—20	—17	—14	—11	„ „ „
dus „ „ „ „	P	„	„	R	15	16	17	18	„ „ „
„ „ „ „	P	„	„	S	30	28	26	24	„ „ „

De versnelling van P t.o. van R is dus 1 M. p. sec.,

die van P t.o. van S daarentegen —2 M. p. sec. (een vertraging van 2 M. p. sec.).

Hieruit blijkt, dat de versnelling van P t.o. van het zich met eenparige snelheid bewegende punt R *even groot* is als t.o. van het rustende punt Q, daarentegen verschillend van de versnelling t.o. van het „versnelde" punt S.

Wordt nu uitsluitend de versnelling van P aangegeven, dan kan men niet zeggen of het punt, t.o. waarvan de versnelling is geconstateerd, in rust is dan wel in een eenparig-rechtlijnige beweging. Men kan dus aan de geheele lijn een eenparige snelheid (bijv. die van R) meedeelen, zonder dat de versnelling van P er door gewijzigd wordt; daarentegen zou een *versnelde* beweging van de geheele lijn (bijv. met S mee) wel degelijk de versnelling van P doen veranderen. Uit de opgave van alle op de lijn AB voorkomende *versnellingen* kan men nooit te weten komen of de geheele lijn zich misschien met een eenparige snelheid beweegt. Geeft men aan de geheele lijn, d.i. aan al haar punten dezelfde eenparige snelheid boven degene die ze eventueel reeds hebben, dan behouden alle punten hun oude versnellingen.

Evenmin veranderen door die aangebrachte snelheid hun onderlinge afstanden. Nu zijn de versnellingen in de lijnvormige wereld AB te danken aan krachten, die door 't eene punt van AB op 't andere worden uitgeoefend; en het bedrag van die krachten, dus ook van die versnellingen, hangt bij mechanische, d.z. niet-electromagnetische verschijnselen uitsluitend af van de onderlinge ligging der op elkaar werkende punten. De aard van deze afhankelijkheid, de wijze waarop de krachten afhangen van de onderlinge afstanden, wordt uitgedrukt door een mechanische „natuurwet" (men denke bijv. aan de aantrekkingswet van Newton, waar de aantrekkende kracht omgekeerd evenredig is met het kwadraat van den afstand, of aan de wet der elasticiteit, volgens welke de kracht waarmee een veer teruggetrokken wordt evenredig is met de uitwijking uit den evenwichtsstand). Daar nu de beide bestanddeelen van de natuurwet: de kracht en de onderlinge ligging, onveranderd blijven bij het aanbrengen van een eenparige snelheid, zal ook de samenhang tusschen krachten en liggingen door die eenparige snelheid onaangetast blijven, of: zullen de natuurwetten ondanks de aan de *geheele* lijn meegedeelde

eenparige snelheid hun vorm behouden. *Maar dan kunnen de natuurwetten ons ook nooit uitsluitsel geven aangaande een eventueele eenparige snelheid, waaraan het beschouwde puntenstelsel als geheel deelneemt!*

Wat hier voor een „lijnvormige wereld" is besproken, is evenzeer van kracht voor onze ervaringswereld in drie ruimteafmetingen: Geldt een bepaalde gedaante der natuurwetten t.o. van een zekere omgeving, bijv. t.o. van het sterrenstelsel, dan geldt ze in gelijke mate t.o. van een andere omgeving, die t.o. van de eerste een eenparig-rechtlijnige beweging heeft. Deze uitspraak vormt den inhoud van het *relativiteitsbeginsel der klassieke mechanica*. Volgens de klassieke werktuigkunde met haar „mechanische natuurwetten" (waarvan NEWTON de grondslagen heeft gelegd) is dus niet eens die omgeving, t.o. waarvan de natuurwetten hun eenvoudigste gedaante krijgen, ondubbelzinnig bepaald; deze is slechts bepaald op een eenparige snelheid na. De klassieke mechanica kent derhalve geen absolute ruimte, waarvan de rusttoestand vaststaat. De absolute rust van het sterrenstelsel als geheel bijv. wordt door geen enkele mechanische natuurwet bewezen of zelfs aannemelijk gemaakt.

Daarentegen veranderen de natuurwetten wèl, wanneer men aan de omgeving t.o. waarvan die wetten opgesteld zijn, een versnelling meedeelt, dus een verandering van de snelheid, hetzij in grootte, hetzij in richting, hetzij in beide. Men kan bijv. van een draaiende ruimte (bijv. een draaimolen) *niet* met hetzelfde recht beweren, dat ze stilstaat, aangezien bij de draaiende beweging de snelheid telkens van richting verandert; terwijl hier de *onderlinge* ligging der punten dezelfde blijft, geven de versnellingen aanleiding tot traagheidsweerstanden (dé z.g. middelpuntvliedende kracht), die het draaiende stelsel in wezen doen verschillen van het rustende. In de klassieke mechanica zijn de *snelheden relatief,* maar de *versnellingen absoluut.*

Voordat we overgaan tot de niet-mechanische natuurwetten, zullen we een *grafische voorstelling* ontwerpen van het overgaan van een bepaalde omgeving op een andere, die t.o. van de eerste een eenparig-rechtlijnige beweging heeft, en dus — in den zin der klassieke mechanica — ermee gelijkwaardig is.

Bij de wiskundige inkleeding der natuurwetten wordt de plaats van een punt veelal aangegeven door de afstanden van dat punt tot drie onderling loodrechte vlakken (bijv. wanden van een vertrek); deze afstanden heeten de (rechthoekige) „coördinaten" van het punt. Beperkt men zich tot een plat vlak, dan wordt de ligging van een punt aangewezen door de afstanden tot twee (meestal onderling loodrechte) lijnen. Ook hier spreekt men van de coördinaten van het punt; de eene heet de „abscis" (letterlijk: afgesneden lijnstuk), de andere de „ordinaat". Beschouwt men slechts de punten van een enkele lijn, dan wordt de plaats van een punt op die lijn aangewezen door den afstand van het punt tot een aangenomen nulpunt, welke afstand ook hier abscis heet.

Terwille van den eenvoud der voorstelling zullen we onze wereld niet verder uitstrekken dan tot een zekere (onbegrensd gedachte) rechte lijn, waarop alle punten hun resp. abscissen hebben. We zullen zulk een abscis voorstellen door x.

De natuurkrachten, die tusschen de verschillende punten werken, zullen de plaats dier punten telkens wijzigen, zoodat de volledige kennis van onze lijnvormige ruimtewereld eerst bereikt is, als we den toestand van de lijn *op elk oogenblik* kennen. We kunnen de heele geschiedenis van dit „lijnland" in beeld brengen door alle „momentopnamen" van de — bijv. vertikaal gedachte — lijn naast elkaar te plaatsen en zoodoende een „wereldfilm" te construeeren. Wanneer we de voorzorg nemen, dat momentopnamen die met gelijke tijdstusschenruimten zijn genomen op onderling gelijken (horizontalen) afstand naast elkaar gerangschikt worden, dan krijgen we in het vlak een figuur, waarvan de horizontale afmeting een beeld geeft van den tijd (dien we aanduiden met t). We nemen voorloopig aan, dat alle beelden van het (in rust blijvende) nulpunt O zich bevinden op de (horizontale) loodlijn, die we in O_0 op de beginopname l_0 van de lijn kunnen oprichten (zie fig. 2).

Voor deze (horizontale) loodlijn is dan voortdurend $x = 0$ (daar de afstand van het nulpunt O tot zichzelf natuurlijk nul is). Nu zal de horizontale lijn P_0P_1 de geschiedenis afbeelden van het punt P, dat voortdurend denzelfden afstand OP $(= O_0P_0 = O_1P_1)$ tot het nulpunt bewaart; is

die afstand bijv. 2 lengte-eenheden (bijv. 2 c.M. of 2 K.M.), dan geldt voor deze geheele lijn $P_0P_1 \ldots x = 2$.

De beginopname (of begintoestand) O_0P_0 van ons lijnland moge correspondeeren met den tijd $t = 0$. Stelt dan bijv. O_1P_1 de opname (toestand) voor na 3 tijdseenheden (bijv. 3 sec. of 3 jaren), dan geldt voor de heele lijn $O_1P_1 \ldots t = 3$.

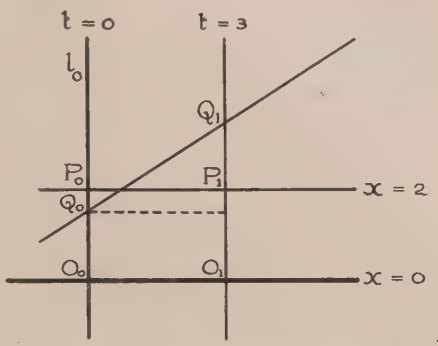


FIG. 2.

Beweegt een punt Q zich met *standvastige* snelheid langs de lijn-wereld, dus zóo, dat in gelijke tijden gelijke wegen worden doorloopen, en zijn afstand x tot O dus regelmatig met den tijd toeneemt (of afneemt), dan zal de geschiedenis van dat punt Q afgebeeld worden door een meetkundige plaats van punten, waarvoor de toename van x evenredig is met de toename van t. Deze meetkundige plaats is blijkbaar een *rechte lijn* en het is duidelijk dat de verhouding van de aangroeiingen van x en t d. i. de *snelheid* van die eenparige beweging, wordt gemeten door de z.g. richtingstangens van de lijn Q_0Q_1, d. i. de tangens van den hoek, dien Q_0Q_1 maakt met O_0O_1. Bij snelheden in de richting van O naar P is deze hoek scherp, bij tegengesteld gerichte snelheden is hij stomp.

In 't algemeen zal van elk punt van onze lijnvormige ruimte de bewegingstoestand afgebeeld worden door een meetkundige plaats in ons lengte-tijd-vlak (x,t-vlak). Van punten die standvastige snelheid hebben is die meetkundige plaats een *rechte* lijn, van de punten, die een veranderlijke snelheid hebben zal die meetkundige plaats een *kromme* lijn zijn. In navolging van HERMANN MINKOWSKI (1864—1909) zullen we in 't algemeen deze meetkundige plaats de *wereldlijn* van het punt noemen.

We kunnen ons nu als volgt uitdrukken: Punten met standvastige snelheid hebben rechte wereldlijnen; van punten met veranderlijke snelheid zijn de wereldlijnen kromme lijnen. Rustende punten hebben hun (rechte) wereldlijnen evenwijdig met O_0O_1. Men zou deze lijnen dus ook *rustlijnen* kunnen noemen. De lijnen loodrecht op de rustlijnen

kunnen gevoeglijk *gelijktijdigheidslijnen* heeten; men kan ze, als men wil, beschouwen als de wereldlijnen van punten, die zich met oneindige snelheid bewegen.

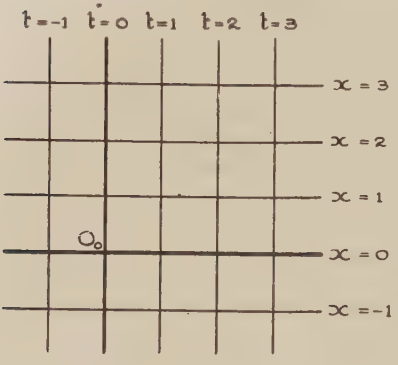


FIG. 3.

Voor de natuurbeschrijving t.o. van zekere omgeving — dat wil hier zeggen: t.o. van zeker als *rustend* aangenomen nulpunt O — is 't dus voldoende, dat men van elke gebeurtenis kan aangeven, hoe groot de bij die gebeurtenis behoorende waarden van x en t zijn, dat men m. a. w. in staat is van elke gebeurtenis het *beeldpunt* („wereldpunt" van MINKOWSKI) te construeeren in het rechthoekig netwerk der rustlijnen en gelijktijdigheidslijnen (zie fig. 3).

Thans gaan we ons voorstellen, dat de geheele lijnvormige ruimte een eenparige snelheid v krijgt t.o. van haar vroegeren stand. Deze beweging zal men afbeelden door van alle punten van de beginopname l_0, d. i. van de gelijktijdigheidslijn $t = 0$, onderling evenwijdige wereldlijnen te laten uitgaan met (gemeenschappelijke) richtingstangens v, dus evenwijdig met de lijn door O_0 waarvoor geldt $x = v.t$ (fig. 4). Hoe zal nu de „natuurbeschrijving" luiden van het standpunt van een waarnemer, die aan dezelfde eenparige beweging deelneemt?

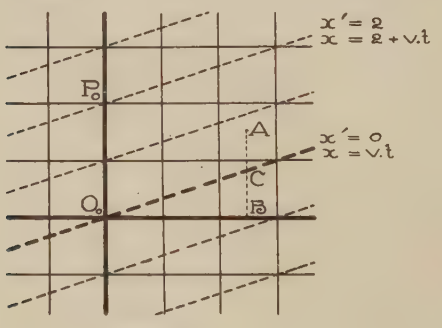


FIG. 4.

De wereldlijnen evenwijdig aan $x = vt$ zullen voor hem *rustlijnen* zijn. Wanneer hij zijn abscissen x' afrekent van het punt, dat op den tijd $t = 0$ met O_0 samenviel en dus de wereldlijn $x = v.t$ heeft, dan zal hij deze wereldlijn aanduiden door $x' = 0$. En de wereldlijn, die door 't punt P_0 ($x = 2$, $t = 0$) gaat en waaraan de stilstaande waarnemer de vergelijking $x = 2 + vt$ toekent, zal voor den meebewegenden waarnemer heeten $x' = 2$.

De rustlijnen van den eenen waarnemer zijn dus geen rustlijnen voor den ander. Daarentegen zullen beide waarnemers er wèl dezelfde gelijktijdigheidslijnen op na houden.

Wanneer slechts eenmaal ervoor gezorgd is dat het oogenblik, dat de stilstaande waarnemer $t = 0$ noemde, ook door den bewegenden waarnemer — wiens tijd t' moge heeten — aangeduid wordt door $t' = 0$, en ook dat het tempo van den tijd voor beide gelijk is (dat de klokken denzelfden gang hebben), dan is bovendien steeds voldaan aan de gelijkheid $t' = t$.

Een willekeurige gebeurtenis, met beeldpunt A, die door den stilstaanden waarnemer door de getallen x, t wordt beschreven, wordt door den bewegenden waarnemer aangeduid met de getallen x', t'.

Daar $t = O_0B$, $x = AB$; $CB = v \times O_0B = v \times t$, $AC = x'$, volgen uit $AC = AB - CB$ en uit het gelijkblijven van den tijd de betrekkingen

$$\begin{cases} x' = x - v.t \\ t' = t \end{cases} \quad \text{of} \quad \begin{cases} x = x' + v.t' \\ t = t' \end{cases} \qquad (I)$$

Hiermee is aangegeven door welke „transformatie van coördinaten" men overgaat van het stelsel (x,t) op het stelsel (x', t') of vice versa, wanneer men bij zijn beschrijving van de lijnvormige wereld in lengte en tijd zijn waarnemingsstandpunt in een eenparige beweging laat deelen. De genoemde transformatieformules zijn afgeleid in de onderstelling, dat de gebeurtenis $x = 0$, $t = 0$ ook in 't andere stelsel $x' = 0$, $t' = 0$ heet, terwijl bovendien stilzwijgend is aangenomen, dat de eenheden van lengte en tijd door den beschouwden overgang niet gewijzigd worden.

Nu kunnen we over de lengte- en tijdcoördinaten niet altijd zóó beschikken, dat $x = 0$, $t = 0$ samengaat met $x' = 0$, $t' = 0$. Wanneer echter eenzelfde gebeurtenis G_0 in 't eene stelsel door x_0, t_0, in 't andere door x_0', t_0' wordt weergegeven en een willekeurige andere gebeurtenis G door x, t resp. x', t', dan zullen voor de *verschillen* $X = x - x_0$ en $T = t - t_0$ resp. $X' = x' - x_0'$ en $T' = t' - t_0'$ dezelfde formules gelden, die hierboven voor x en t, x' en t' zijn afgeleid; immers deze vier verschillen verdwijnen alle tegelijk — $X = 0$, $T = 0$; $X' = 0$, $T' = 0$ — wanneer we G met G_0 laten samenvallen.

Terwijl onder de beperkende voorwaarde $(x = 0, t = 0) =$

$= (x' = 0,\ t' = 0)$ de tijd t zelf onveranderlijk bleef, zal in het algemeene geval dat *wel* het *tempo* maar *niet* het *nulpunt* van den tijd behouden blijft, de uitdrukking $T = t - t_0$ in de analoge gedaante $T' = t' - t_0'$ overgaan.

In het algemeen kunnen we dus zeggen, dat onze transformatieformules feitelijk betrekking hebben op *verschillen* van gelijknamige coördinaten. In de wiskunde zijn zulke formules van bijzonder belang, wanneer die verschillen oneindig klein zijn. Men vergelijkt dan twee gebeurtenissen, die zoowel in plaats als in tijd oneindig dicht bij elkaar liggen; men beschouwt als het ware een oneindig kleine (elementaire) toestandsverandering. Zulke oneindig kleine aangroeiingen („differentialen") worden aangeduid door het voorvoegsel d; zoo schrijft men in ons geval

$$x - x_0 = dx,\ t - t_0 = dt;\ x' - x_0' = dx',\ t' - t_0' = dt'.$$

Het voorvoegsel d is onafscheidelijk van de letter waarvoor het geplaatst is en mag vooral niet als factor behandeld worden! In plaats van $(dx)^2$ mag men dan ook schrijven dx^2, enz.

In deze nieuwe schrijfwijze heeft men dus

$$\begin{cases} dx' = dx - v.dt \\ dt' = dt \end{cases} \text{ of } \begin{cases} dx = dx' + v.dt' \\ dt = dt', \end{cases} \qquad \text{(Ia)}$$

waarvan in 't bijzonder de betrekking

$$dt = dt'. \qquad \text{(Ib)}$$

uitdrukt, dat het tempo, waarin de tijd verloopt, voor de transformatie ongevoelig is. Uit (Ia) volgt nog

$$\frac{dx'}{dt'} = \frac{dx}{dt} - v.$$

Nu is $\frac{dx}{dt}$, als quotient van een weg (dx) gedeeld door den voor het afleggen van dien weg benoodigden tijd (dt) gelijk aan de snelheid u, waarmee een punt zich in de lijnvormige ruimtewereld verplaatst, welke snelheid gemeten is in het stelsel (x,t) dat in rust verkeert. Deze zelfde snelheid $u = \frac{dx}{dt}$ wordt echter voor een waarnemer, die aan de eenparige beweging (met snelheid v) van het stelsel (x', t') deelneemt, beschreven door het quotient $\frac{dx'}{dt'} = u'$. Tusschen de snelheden u en u' bestaat dus de betrekking

$$u' = u - v \text{ of } u = u' + v, \qquad \text{(Ic)}$$

welke den regel aangeeft, volgens welke in de klassieke mechanica de snelheden langs een rechte lijn worden samengesteld.

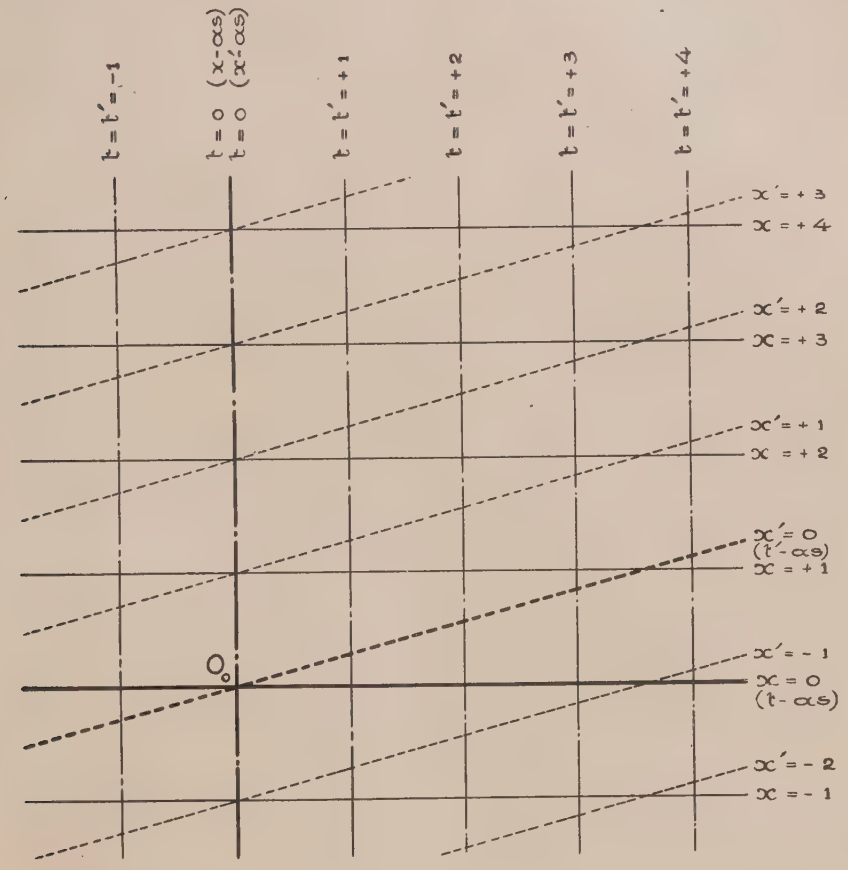


FIG. 5.

KLASSIEKE MECHANICA.

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ t' = t \end{cases}$$

OF

$$\begin{cases} x = x' + vt' \\ t = t' \end{cases}$$

De wiskundige betrekkingen tusschen x en t (of tusschen dx en dt) die mechanische natuurwetten vertolken, zullen, wanneer men voor x en t (resp. dx en dt) de zooeven

afgeleide uitdrukkingen substitueert, precies dezelfde gedaante krijgen in x' en t' (resp. dx' en dt'): de formules der mechanische natuurwetten zijn bestand tegen de hierboven onderzochte coördinatentransformatie.

De „eindige" coördinatentransformatie (I), met de beperkende voorwaarde dat $x = 0$, $t = 0$ overeenkomt met $x' = 0$, $t' = 0$, gaat in de grafische voorstelling gepaard met een vervorming van het coördinaten-netwerk, zooals die in fig. 5 is geschetst. Het oude netwerk (doorgetrokken lijnen en gepuntstreepte lijnen) bestaat uit vierkanten, het nieuwe netwerk (stippellijnen en gepuntstreepte lijnen) uit parallelogrammen. Beide netwerken hebben de (gepuntstreepte) gelijktijdigheidslijnen gemeen.

III. DE BEWEGING TEN OPZICHTE VAN DEN AETHER.

Tot dusver hebben we uitdrukkelijk ondersteld, dat de beschouwde verschijnselen van mechanischen aard zouden zijn en daarbij dus de electromagnetische verschijnselen buitengesloten. Deze laatste toch eischen een ander verklaringsbeginsel dan de mechanische. Het is voor ons doel onnoodig uitvoerig het verschil in verklaringsmethode te bespreken; we kunnen volstaan met de vermelding, dat de electromagnetische verschijnselen de aanwezigheid hebben doen onderstellen van een allesdoordringende middenstof, den *aether*, waarin de electrische en magnetische werkingen zich voortplanten, en waaraan dan ook de overbrenging van het licht is opgedragen.

In verband met de beschouwingen, die ons tot dusver bezig hielden, dringt zich de vraag op: welke is de bewegingstoestand van dezen aether? Heeft het zin dezen aether in rust te verklaren? Stel, dat zelfs het mededeelen van een *eenparige* snelheid aan dezen aether den eenvoud der natuurwetten verstoorde, dan zou het toch zeker niet geheel zinneloos zijn aan dezen aether een absolute rust toe te kennen, en de ruimte, t.o. waarvan de aether rust, als de absolute ruimte te betitelen.

Hoe de bewegingstoestand van den aether ook moge zijn, in elk geval zullen de stoffelijke voorwerpen in het algemeen niet voortdurend rusten t.o. van den aether; ze zullen dus in den regel een anderen bewegingstoestand

hebben dan deze. De aarde bijv. zal bij haar kringloop om de zon telkens een andere snelheid t.o. van den aether hebben.

De aarde zou alleen dan in rust zijn t.o. van den aether, wanneer ze den omringenden aether meezoog; maar zelfs in dit geval zou slechts dat deel van den aether, dat zich in de onmiddellijke nabijheid der aarde bevindt, t.o. van de aarde in rust verkeeren. Deze onderstelling is inderdaad op grond van de uitkomst van eenige proeven opgeworpen. Andere proeven daarentegen, betreffende de lichtbeweging in de buurt van de aarde (speciaal de aberratie der vaste sterren), hebben het meesleepen van den aether door de aarde voor onmogelijk verklaard, zoodat men wel gedwongen is aan te nemen, dat de aarde door den aether voortvliegt, en dat dus omgekeerd voor den aardbewoner de aether door de aarde „heenblaast". Zulk een „aetherwind" moet dan echter door electromagnetische- of lichtproeven kunnen worden aangetoond.

Een van de manieren om dit te doen berust op de volgende overwegingen:

Een staaf AB, ter lengte l, draagt in B een spiegel (zie fig. 6). Uit A wordt een lichtsein uitgezonden, dat tegen B teruggekaatst wordt en weer in A terugkomt. Gevraagd: hoeveel tijd gebruikt het licht voor dien weg?

FIG. 6.

Het antwoord valt verschillend uit naarmate men aanneemt:

a) dat de staaf in den aether rust

b) dat de staaf een (eenparige) snelheid heeft in haar lengterichting

c) dat de staaf een (eenparige) snelheid heeft loodrecht op haar lengterichting.

We zullen deze drie gevallen achtereenvolgens onderzoeken.

De voortplantingssnelheid van het licht in den rustenden aether worde aangeduid door c (c.M. per sec.); de waarde van c is in de ledige ruimte, en bij benadering ook in lucht, ongeveer 30.000.000.000 (overeenkomende met 300.000 K.M. p. sec.).

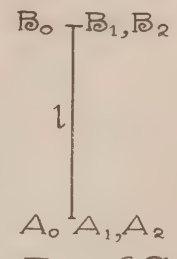


FIG. 6a.

De plaatsen der verschillende punten op

het oogenblik van 't vertrek van 't licht uit A, van spiegeling in B en van terugkomst in A worden onderscheidenlijk aangegeven door de indices 0, 1, 2 (bijv. A_0, A_1, A_2, enz.).

a) De staaf rust t.o. van den aether (er is aetherstilte) (fig. 6a).

De punten A_1 en A_2 vallen dus samen met A_0; B_1 en B_2 met B_0. Voor den weg A_0B_1, die l c.M. lang is, gebruikt het licht $t_1 = \frac{l}{c}$ sec., voor den weg B_1A_2, die eveneens l c.M. lang is, wordt evenveel gevergd, nl. $t_2 = \frac{l}{c}$ sec. De geheele tijdsduur is dus

$$T = t_1 + t_2 = \frac{2l}{c}.$$

b) De staaf heeft een eenparige snelheid v (c.M. p. sec.) t.o. van den aether in de richting van A naar B (fig. 6b).

Fig. 6b.

De staaf loopt nu eerst met het licht mee, daarna er tegenin. Op het oogenblik van terugkomst is het punt A in A_2' gekomen. Tusschen het oogenblik dat het licht uit A_0 vertrekt en dat het in A_2' terugkomt ligt het oogenblik van spiegeling in B_1'. Daar het licht eerst B moet inhalen, daarna A tegemoet gaat, is de tijd voor den heenweg A_0B_1' langer dan die voor den terugweg $B_1'A_2'$ (zoodat B_1' ligt voorbij het midden van $B_0'B_2'$). Deze tijden bedragen

$$t_1' = \frac{A_0B_1'}{c} \quad , \quad t_2' = \frac{B_1'A_2'}{c}.$$

Het geheele verschijnsel vordert dus den tijd

$$T' = t_1' + t_2' = \frac{A_0B_1' + B_1'A_2'}{c}.$$

In denzelfden tijd T' is A van A_0 uit met de snelheid v in A_2' gekomen, zoodat

$$T' = \frac{A_0A_2'}{v}.$$

Nu volgt uit $A_0A_2' = A_0B_1' - B_1'A_2'$:

$$T' = \frac{A_0B_1' + B_1'A_2'}{c} = \frac{A_0B_1' - B_1'A_2'}{v} = \frac{c}{v}(t_1' - t_2'). \qquad (1)$$

Verder is

$$B_0B_1' = A_0A_1' = v.t_1' \quad , \quad A_1'A_2' = v.t_2',$$

dus
$A_0B_1' = A_0B_0 + B_0B_1' = l + v.t_1'$, $B_1'A_2' = B_1'A_1' - A_1'A_2' = l - v.t_2'$,
en

$$A_0B_1' + B_1'A_2' = 2l + v\,(t_1' - t_2')$$

of, krachtens (1),

$$cT' = 2l + \frac{v^2}{c}T',$$

zoodat

$$\left(c - \frac{v^2}{c}\right)T' = 2l,$$

of

$$T' = \frac{2l}{c} \times \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

of

$$T' = \frac{T}{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

De tijd T' is dus *langer* dan de tijd T.

c) De staaf heeft een eenparige snelheid v (c.M. p. sec.) t.o. van den aether loodrecht op haar lengterichting (fig. 6c).

De totale tijd T'' wordt nu besteed 1° door het punt A om te komen van A_0 naar A_2'', 2° door het licht om den weg $A_0B_1''A_2''$ af te leggen. Men heeft dus

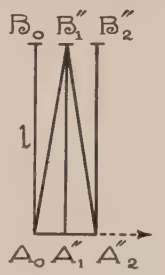


FIG. 6c.

$$T'' = \frac{A_0A_2''}{v} = \frac{A_0B_1'' + B_1''A_2''}{c} =$$

$$= \frac{2\sqrt{l^2 + {}^1/_4A_0A_2''^2}}{c} = \frac{\sqrt{4l^2 + v^2T''^2}}{c},$$

dus

$$4l^2 + v^2T''^2 = c^2T''^2,$$

waaruit

$$T''^2 = \frac{4l^2}{c^2 - v^2} = \frac{4l^2}{c^2} \times \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

of

$$T'' = \frac{2l}{c} \times \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{T}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Hier is T'' grooter dan T, maar kleiner dan T', omdat $T'' = T' \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

De factor $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ zal in het vervolg een belangrijke rol vervullen; we zullen hem aanduiden door k en dus stellen:

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

De factor k is grooter dan 1 en neemt toe naarmate v tot c nadert. Stelt men $v = c$, dan wordt k oneindig groot.

Voor den lichttijd is dus in de drie gevallen gevonden:

a)... $T = \frac{2l}{c}$; b)... $T' = k^2 . \frac{2l}{c} = k^2 . T$; c)... $T'' = k . \frac{2l}{c} = k . T$.

De drie lichttijden zijn dus alle drie ongelijk als gevolg van de omstandigheid dat de staaf een *verschillende eenparige* beweging had t.o. van den aether.

Het is dus voor de wiskundige uitdrukking der natuurwetten geenszins onverschillig of de aether in rust wordt gedacht dan wel in eenparige beweging. Het relativiteitsbeginsel der klassieke mechanica geldt derhalve niet voor electromagnetische- en lichtverschijnselen.

Alvorens verder te gaan zullen we van de beide gevallen a) en b), waarbij de wereld beperkt blijft tot de lijn die AB draagt, het wereldfilm ontwerpen.

We zullen als eenheid van tijd nemen de seconde en als eenheid van lengte, niet den centimeter, maar de lengte van c c.M. = 30.000.000.000 c.M. = 300.000 K.M. Daarmee bereiken we, dat de eenheid van snelheid gelijk is aan de snelheid van het licht t.o. van den rustenden aether, zoodat deze lichtsnelheid door het getal 1 (of —1) wordt uitgedrukt. De wereldlijn van een lichtsein in rustenden aether is dus een rechte lijn, waarvan de richtingstangens +1 of —1 is, dus een lijn, die een hoek van 45° of 135° maakt met de rustlijnen.

In het eerste geval (a), waar A en B in rust blijven, zijn de wereldlijnen van A en B rustlijnen ($A_0A_1A_2$ en $B_0B_1B_2$) (zie fig. 7). Het lichtsein, dat op den tijd $t = 0$ uit A_0 ($x = 0$) vertrekt, heeft tot wereldlijn de lijn door A_0 die een

hoek van 45° maakt met de rustlijn $A_0A_1A_2$. De spiegeling tegen B, d. i. de ontmoeting tusschen het lichtsein en den spiegel, wordt nu weergegeven door het snijpunt B_1 van de wereldlijn van het lichtsein en die van den spiegel. Daarna krijgt het teruggaande lichtsein de wereldlijn B_1A_2, die een hoek van 135° maakt met de rustlijn B_0B_1.

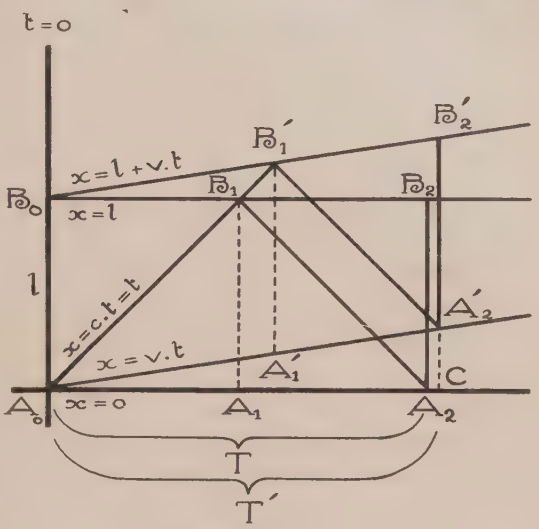


FIG. 7.

Tenslotte wordt de terugkomst in A voorgesteld door het snijpunt A_2 van de wereldlijn van het lichtsein met die van 't punt A. De totale verbruikte tijd wordt nu afgelezen op de rustlijn; men vindt ervoor het bedrag $T = A_0A_2 = 2 \times A_0A_1 = 2l : tg\, B_1A_0A_1 = 2l$ (aangezien in ons eenhedenstelsel $c = 1$ is).

In het tweede geval hebben alle punten van de staaf AB evenwijdige wereldlijnen, die een (kleinen) hoek maken met de rustlijnen. Zoo heeft A de wereldlijn $A_0A_1'A_2'$ ($x = v.t$), B de wereldlijn $B_0B_1'B_2'$ ($x = l + v.t$). Het lichtsein heeft in 't begin dezelfde geschiedenis als in 't eerste geval: het vertrekt op den tijd $t = o$ met de snelheid 1 uit A. De ontmoeting met den spiegel wordt nu echter door een ander punt afgebeeld, n.l. door het snijpunt B_1' van de lichtwereldlijn met de spiegelwereldlijn. Hierna krijgt het lichtsein bij zijn teruggang de wereldlijn $B_1'A_2'$, die 135° maakt met de rustlijnen. De terugkomst in A eindelijk wordt weergegeven door het snijpunt A_2' van de wereldlijn van het terugkeerende lichtsein en die van 't punt A. De totale bestede tijdsduur T' wordt nu gevonden in den horizontalen afstand A_0C tusschen de gelijktijdigheidslijnen A_0B_0 en $A_2'B_2'$. Ook uit de figuur blijkt dat hij grooter is dan de oorspronkelijke tijdsduur T, die aangewezen wordt door A_0A_2.

De in het voorgaande besproken lichtproef is inderdaad

uitgevoerd door MICHELSON en MORLEY (1881 en 1887). Daar men niet kon beschikken over aetherstilte — de aarde heeft altijd een zekere snelheid t.o. van den aether — heeft men zich moeten bepalen tot de gevallen b) en c). De proef (over welker opstelling we hier niet in bijzonderheden kunnen treden) was erop ingericht het verschil tusschen T' en T'' aan het licht te brengen. Het verhoudingsgetal $k = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ van deze tijden wijkt des te sterker van 1 af, naarmate v dichter tot c nadert. Nu is de grootste snelheid, die we met onze instrumenten t.o. van den aether kunnen bereiken, die waarmee de aarde in haar baan om de zon voortvliegt. Deze snelheid is ongeveer 30 K.M. per sec., dus 0,0001 van de lichtsnelheid c, zoodat $k = 1 : \sqrt{1-0{,}0001^2}$, hetgeen ongeveer gelijk is aan $1 + {}^1/_2 \times 0{,}0001^2 = 1{,}000.000.005$. Het verschil tusschen de beide lichttijden is dus bijzonder klein. Toch was de nauwkeurigheid met behulp van een interferentie-methode zoo hoog opgevoerd, dat men ${}^1/_{20}$ van het te verwachten bedrag zou hebben kunnen waarnemen; zoodat men zeker was het theoretische verschil tusschen T' en T'' te constateeren. En wat leerde de proef? . . . *Geen spoor van eenig verschil tusschen* T' en T''*!* De proef leverde

$$T'' = T',$$

een uitkomst lijnrecht in strijd met de voorstelling, die men zich van de electromagnetische- en lichtverschijnselen had gevormd en waaraan men toch te zeer gehecht was geworden om haar zoomaar voetstoots prijs te geven. Hoe dus dit negatieve resultaat te rijmen met de leer van het electromagnetisme en van den aether?

IV. HET BIJZONDER RELATIVITEITSBEGINSEL.

Als de theorie verlangt, dat T'' en T' ongelijk zijn, en de proef uitwijst, dat ze wèl gelijk zijn, dan moet de theorie, zoo niet gewijzigd, dan toch aangevuld worden. De vraag is, dan: welke invloed heft den factor k in de vergelijking $T' = kT''$ op?

De theorie eischt, dat de tijd, dien 't licht gebruikt om denzelfden afstand l heen en terug af te leggen, verschillend uitvalt naarmate de beweging van de staaf plaats heeft in

de lengterichting of loodrecht erop; de proef leert, dat die lichttijden wèl gelijk zijn. Welnu, zou die gelijkheid van de lichttijden niet daarvan het gevolg kunnen zijn, dat die afstand l, waarvan men het als van-zelf-sprekend beschouwde, dat ze in beide gevallen dezelfde waarde had, inderdaad in 't eene geval een *andere* waarde had dan in 't andere geval? Wanneer de bewuste afstand l eens in 't geval van de beweging in de lengterichting k maal zoo klein was als in 't geval der daarop loodrechte beweging, zou dit tengevolge hebben, dat de lichttijd T' in 't eerste geval, in plaats van k maal zoo groot, *even* groot zou uitvallen als de lichttijd T'' van 't tweede geval.

Deze hypothese nu is door LORENTZ (1892) en FITZ-GERALD (1893) opgesteld om den negatieven uitslag van de proef van MICHELSON en MORLEY te verklaren.

Volgens LORENTZ en FITZ-GERALD ondergaat dus een staaf l, die zich met een snelheid v t.o. van den aether beweegt, juist daardoor een lengteverkorting in de richting der beweging, en wel in reden van k tot 1, d. i. van $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ tot 1, of van 1 tot $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$. De ware lengte van de staaf bedraagt dus tengevolge van de z.g. „Lorentz-verkorting"

$$l' = \frac{l}{k} = l\sqrt{1-\frac{c^2}{v^2}}.$$

Loodrecht op de bewegingsrichting heeft *geen* lengte-verandering plaats. Een bol zal dus bij zijn beweging door den aether de gedaante aannemen van een (afgeplatte) omwentelingsellipsoïde, waarvan de omwentelingsas k maal zoo klein is als de middellijn van den aequator.

De boven behandelde wiskundige afleidingen geven nu voor den lichttijd T':

$$T' = k^2 \times \frac{2l'}{c} = k^2 \times \frac{2\frac{l}{k}}{c} = k \times \frac{2l}{c} = T'',$$

gelijk te verwachten was.

De hier beschouwde Lorentz-verkorting zal in bijna alle voorkomende gevallen uiterst gering zijn, daar bijna alle snelheden, waarover we kunnen beschikken, onbeteekenend zijn vergeleken met de lichtsnelheid. Zelfs in 't geval van

onze grootste mechanische snelheid, die van de aarde om de zon, bedraagt de factor k, zooals we reeds hierboven aangaven, slechts 1,000.000.005. Toch zou deze lengteverandering door onze fijne meetwerktuigen wel aan 't licht gebracht kunnen worden, ware het niet, dat die Lorentzverkorting krachtens haar wezen onwaarneembaar is voor ieder die in de beweging deelt. Immers, niet alleen de te meten staaf, maar ook alle geijkte meetstaven, die *erlangs* worden gelegd, ondergaan precies dezelfde betrekkelijke verkorting. Voor het waarnemen der Lorentz-verkorting zou noodig zijn, dat men een staaf, welker rustlengte men kent, kon meten terwijl ze voorbij den stilstaanden waarnemer vloog.

Met de invoering van de Lorentz-verkorting was dus de tegenspraak tusschen de theorie en de feiten weggenomen.

Maar voor de theorie was het vraagstuk daarmee nog niet van de baan. Voor de uitkomst van de proef was het nu onverschillig hoe het toestel t.o. van zijn bewegingsrichting georiënteerd was; de bewegingsrichting kon dus ook niet uit deze proef afgeleid worden, of — zooals we ook kunnen zeggen — van de snelheid t.o. van den aether was *wel* de *richting relatief*, maar *niet* de *grootte*.

Bij zulk een gedeeltelijke relativiteit konden de natuurkundigen zich niet neerleggen. Er moest dus naar gestreefd worden om *ook* de *grootte relatief* te maken, d.w.z. om de formules zóó te wijzigen, dat voor den lichttijd $T' = T''$ nu ook dezelfde waarde te voorschijn kwam als voor den lichttijd T in rustenden aether.

De theoretische formules moesten onafhankelijk gemaakt worden van een eventueele eenparig-rechtlijnige beweging t.o. van den aether.

Lorentz bewerkte in 1895 [1]) deze onafhankelijkheid door in plaats van den tijd t een hulpgrootheid τ in te voeren, met t verbonden door de formule $\tau = \frac{t}{k}$ of $t = k.\tau$ [2]). Door nu de rol, die de tijd in de natuurwetten speelt, te laten overnemen door deze *wiskundige hulpgrootheid* τ, werd be-

[1]) H. A. Lorentz: Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Leiden, 1895.

[2]) Prof. Lorentz voert een factor k in, die met zeer groote nauwkeurigheid de hier ingevoerde grootheid $k = 1 : \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ benadert.

reikt, dat de betrekkingen tusschen de ruimtelijke coördinaten en deze hulpgrootheid τ (door LORENTZ *plaatstijd* genoemd) dezelfde bleven, met welke eenparige rechtlijnige snelheid het stelsel zich ook t.o. van den aether bewoog.

De betrekking $t = k \times \tau$ geeft aan, dat het bedrag τ (in plaatstijd) overeenkomt met een t gelijk aan $k \times \tau$, dus met een k maal zoo groot bedrag in waren tijd; het is dus alsof de plaatstijd k maal zoo langzaam verloopt als de ware tijd. Alleen bij rust t.o. van den aether is $k = 1$; dan is de plaatstijd geheel gelijk aan den waren tijd.

De grootheid τ wordt in de formules ingevoerd door overal voor t haar waarde $k \times \tau$ te substitueeren. Met den lichttijd T' komt dan een waarde τ' overeen bepaald door $T' = k.\tau'$. Daarentegen zal de lichttijd T bij rust t.o. van den aether gelijk zijn aan den correspondeerenden plaatstijd τ ($T = \tau$). Uit de betrekking $T' = kT$ volgt dus door vertaling in plaatstijd: $k.\tau' = k.\tau$ of $\tau' = \tau$. In plaatstijd uitgedrukt is dus de lichttijd bij eenparigen aetherwind even groot als bij aetherstilte.

Door het invoeren van dezen *fictieven plaatstijd* worden de formules (men denke bijv. aan $\tau' = \tau$ van zooeven) *formeel* onafhankelijk van elke eenparig-rechtlijnige beweging t.o. van den aether, wordt m. a. w. deze beweging *formeel relatief* gemaakt.

Deze relativeering is inderdaad *formeel*. Die plaatstijd, waarvan het tempo afhangt van de snelheid t.o. van den aether, is toch niet meer dan een fictie, geheel verschillend van onzen werkelijken tijd, met zijn onwrikbaar standvastigen gang, onaandoenlijk voor zulke bijkomstige invloeden als beweging t.o. van een zekere, op natuurkundigen grondslag gedefinieerde omgeving! Zulk een uit natuurkundige ervaring a posteriori afgeleide plaatstijd kan voor ons met onzen aangeboren tijd-zin toch nooit in de plaats treden van onzen a priori gegeven waren tijd!

Althans, zoo zou men meenen! In 1905 echter komt EINSTEIN [1]) te voorschijn met de verklaring, dat die plaatstijd van LORENTZ in 't geheel geen fictie is, maar volle werkelijkheid. Voor EINSTEIN berust het onderscheid tusschen

[1]) A. EINSTEIN: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. Ann. d. Physik, 17. (1905).

den veranderlijken plaatstijd en den onverstoorbaren waren tijd op vooroordeel, op een verkeerde wijsgeerige redeneering. Wat wij tijd noemen is toch — KANT leerde het reeds — een schema, waarin wij onze ervaringen rangschikken, en dus in hooge mate afhankelijk van den aard dier ervaringen. Wanneer dan de tijd een zoo subjectief begrip is, waarom zouden dan niet twee personen elkaars tijdmaten verschillend kunnen beoordeelen?

Hoe weinig er ook van wijsgeerig standpunt tegen de zienswijze van EINSTEIN moge zijn in te brengen, toch kost het groote moeite ons van het door EINSTEIN zoo gehekelde vooroordeel te bevrijden, en vele natuurkundigen kennen ook nu nog, na zoovele jaren van discussie, aan den tijd een absolute beteekenis toe, waarnaast de veranderlijke plaatstijd slechts als wiskundige hulpgrootheid recht van bestaan heeft.

De Lorentz-verkorting ontmoet geen ernstigen principieelen tegenstand, althans niet meer. Tegen het automatisch korter worden van alle lengten in een bepaalde richting verzet zich ook niet onze intuïtieve voorstelling. We hebben een verkorting, een vervorming van alle lichamen zoo dikwijls waargenomen (bijv. door temperatuurverschillen) dat het ons in 't geheel geen moeite kost die toe te schrijven aan een of andere oorzaak als bijv. de bewegingstoestand t.o. van den aether, welke als overdrager der electromagnetische verschijnselen toch wel een grooten invloed op de materie zal hebben!

Maar de tijd, op welks voortschrijden geen enkele invloed vat heeft! De tijd, die zoowel in ons wereldbeeld als in onze formules optreedt als de onafhankelijk-veranderlijke! Nooit zullen we zeggen: de tijd is veranderd omdat we volwassen zijn geworden, maar wèl wordt onze lichaamslengte, althans in 't spraakgebruik, verklaard uit onzen leeftijd! Dien tijd voor subjectief te verklaren, . . . dàt offer is bijna tè groot!

Toch zullen we dat offer gewillig brengen. Tot belooning zullen we verrijkt worden met een dieper inzicht in den natuursamenhang en met een wereldbeeld, welks aanschouwing ons de hoogste aesthetische bevrediging verschaft.

We hebben dus gezien, dat de aan Lorentz-verkorting onderhevige lengte en de door EINSTEIN voor reëel ver-

klaarde plaatstijd samen de formules der natuurwetten onafhankelijk maken van een eenparig-rechtlijnigen bewegingstoestand t.o. van den aether; dat dus de eenparig-rechtlijnige beweging t.o. van den aether relatief gemaakt is. Het relativiteitsbeginsel der klassieke mechanica strekt zich dus *toch* ook uit over de electromagnetische verschijnselen, zij het ten koste van de onveranderlijkheid van lengtemaat en tijdmaat, die het kenmerk der oude mechanica waren.

Daar een eenparige snelheid t.o. van den aether toch nooit waarneembaar is, vindt EINSTEIN dat de aether voortaan in de electromagnetische theorie wel gemist kan worden en stelt hij voor hem af te schaffen. Daarvoor zijn echter nog lang niet alle natuurkundigen te vinden.

Laten we, alvorens de draagwijdte van het nieuwe beginsel te onderzoeken, het nog eenmaal formuleeren:

Beschouwen we twee stelsels A en P, en nemen we aan dat ze, wanneer ze t.o. van elkaar in rust zijn, dezelfde lengtemaat en dezelfde tijdmaat (gang van de klok) hebben, dan zal een eenparige beweging (met de snelheid v) van P langs A tengevolge hebben, dat voor den stilstaanden waarnemer in A de meetstaven van P k maal te kort zijn en de klokken van P k maal te langzaam loopen $\left(k = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)$. De lengte van 1 c.M. in 't zich bewegende stelsel P wordt door den bewoner van A waargenomen als $\frac{1}{k}$ c.M., en de tijdsduur van 1 sec. in 't bewegende stelsel P wordt door den bewoner van A bepaald op k sec.

Hoe beoordeelt nu een medebewegende waarnemer in P de maten in het rustende stelsel A? Voor den waarnemer in P bestaat het verschijnsel daarin, dat het stelsel A hem met de snelheid v voorbijvliegt. Voor hem doet zich de lengte, die in A 1 c.M. wordt genoemd, voor als een lengte van $\frac{1}{k}$ c.M. en de tijdsduur die in A 1 sec. heet, als een tijdsduur van k sec. Deze laatste uitkomst, die onmiddellijk voortvloeit uit de betrekkelijkheid van de beweging van P t.o. van A (of van A t.o. van P) schijnt in verband met de waarnemingen van den bewoner van A

paradoxaal. De ervaringen van de bewoners van A en P schijnen tegenstrijdig te zijn, . . . dat wil zeggen: tegenstrijdig voor iemand, die gelooft aan de eenig ware lengte van den centimeter en aan den eenig waren tijdsduur van de seconde! Maar die eenig ware maten voor lengte en tijd *zijn er niet!* De lengte van den centimeter en de duur van de seconde zijn begrippen, waaromtrent alleen overeenstemming is te bereiken tusschen waarnemers, die t.o. van elkaar in rust zijn. De paradox verdwijnt, zoodra men zich er rekenschap van geeft, dat lengte en tijdsduur alleen voor bepaling vatbaar zijn *met betrekking tot deze of gene omgeving.*

Het bijzondere relativiteitsbeginsel, waarmede we ons nu bezighouden — bijzonder, in zooverre slechts de eenparige rechtlijnige beweging relatief gemaakt is — verlangt, dat elke waarnemer, welke snelheid hij ook t.o. van den aether moge hebben, hetzelfde bedrag constateert voor de snelheid van het licht [1]). Immers de waarde van deze lichtsnelheid mag niet afhankelijk zijn van zijn eigen snelheid t.o. van den aether, daar deze laatste anders door lichtproeven waarneembaar zou worden. Trouwens, uit het schema van de proef van MICHELSON volgt ook, dat de snelheid door den stilstaanden waarnemer even groot wordt beoordeeld als door den zich bewegenden waarnemer; immers beide noemen hun staaflengte l en hun lichttijd $\tau = T$.

Omgekeerd kan men zeggen, dat de relativiteit en de constantheid der lichtsnelheid de Lorentz-verkorting en de klokvertraging eischen.

Dat een zekere snelheid altijd even groot uitvalt, welke snelheid de waarnemer ook moge hebben, is vierkant in strijd met de beginselen der oude mechanica, die leert, dat de snelheden, als ze gelijk gericht zijn, algebraïsch moeten worden samengevoegd en, als ze niet gelijke richting hebben, door parallelogramconstructie.

De nieuwe mechanica zal dus een anderen samenstellingsregel voor de snelheden moeten geven.

1) Hierbij wordt natuurlijk vooropgesteld, dat de doorloopen middenstof optisch homogeen is, dat de brekingsindex overal dezelfde waarde heeft. Waar sprake is van de constante waarde der lichtsnelheid, zullen we het oog hebben op de snelheid in de *ledige ruimte,* ten bedrage van ong. 300.000 K.M. p. sec.

Daar een snelheid v grooter dan c den factor k imaginair zou maken, is voor snelheden grooter dan de lichtsnelheid in de nieuwe mechanica geen plaats. In de mechanica van het bijzondere relativiteitsbeginsel is de lichtsnelheid derhalve de grootst mogelijke snelheid; het is de grenswaarde, die een natuurkundige snelheid niet kan overschrijden. Natuurlijk doet in de nieuwe mechanica het bestaan van zulk een grenssnelheid overal zijn invloed gelden. Het zou ons te ver voeren in bijzonderheden na te gaan, hoe men zich „mechanisch" moet voorstellen, dat een niet-electromagnetische snelheid als 't ware automatisch beneden de lichtsnelheid blijft. Het zal echter reeds aanstonds duidelijk zijn, dat de nieuwe mechanica in al haar onderdeelen fundamenteele afwijkingen vertoont van de klassieke. Toch zullen deze afwijkingen, van hoeveel belang theoretisch ook, in de praktijk nauwelijks merkbaar zijn. Alle afwijkingen toch krijgen eerst een waarneembaar bedrag, wanneer de optredende snelheden eenigszins vergelijkbaar worden met de lichtsnelheid. Hoe grooter de lichtsnelheid is t.o. van die mechanische snelheden, hoe nauwkeuriger de oude mechanica de nieuwe benadert. Men kan het ook aldus uitdrukken: de oude mechanica is het grensgeval van de nieuwe mechanica, wanneer men in deze laatste de lichtsnelheid onbeperkt laat toenemen, oneindig groot laat worden.

De regels der oude mechanica zullen dus voor de gewone mechanische vraagstukken nog zeer bruikbaar blijven, en de klassieke mechanica, die, als bijzonder geval van de nieuwe [$c = \infty$ (oneindig)], eenvoudiger formules heeft dan deze laatste, is dan ook nog lang niet uitgeleefd!

We zullen thans gaan onderzoeken hoe het lengte-tijdnetwerk van ons wereldfilm moet vervormd worden, als we overgaan op een omgeving met andere snelheid.

Evenals vroeger beschouwen we één lengte-afmeting x en den tijd t. De eenheden kiezen we weer zóodanig, dat de lichtsnelheid door het getal 1 (of -1) wordt aangewezen. De wereldlijn van een lichtsein, dat op den tijd $t = 0$ uit O ($x = 0$) vertrekt, deelt dus den hoek tusschen de tijd-as ($x = 0$) en de lengte-as ($t = 0$) middendoor; ze beantwoordt aan de vergelijking $x = t$.

Het oorspronkelijk netwerk, behoorende bij het rustende

stelsel A (met lengte x en tijd t) bestaat, evenals vroeger, uit vierkanten; de diagonalen van deze vierkanten zijn steeds wereldlijnen van lichtseinen.

We denken ons nu een stelsel P, dat een snelheid v heeft t.o. van A. De wereldlijn van het punt, dat op den tijd $t = 0$ met O ($x = 0$) samenviel, gaat door O_0 ($x = 0$, $t = 0$) en maakt met de rustlijn $x = 0$ een hoek, waarvan de tangens is v. Voor elk punt van die lijn geldt dus $x = v.t$.

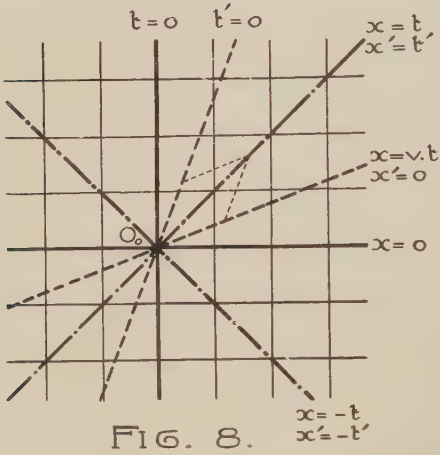


FIG. 8.

We nemen aan dat een bewoner van P zijn lengte x' meet van het punt, dat op den tijd $t = 0$ met O samenviel en dat hij het oogenblik van dit samenvallen ook als het nulpunt van zijn tijd t' kiest; dan geldt dus voor het punt O_0 niet alleen $x = 0$, $t = 0$ maar ook $x' = 0$, $t' = 0$. Voor de geheele wereldlijn $x = v.t$ geldt nu, daar ze rustlijn is in het stelsel P: $x' = 0$.

Nu verlangen we, dat de voortplantingssnelheid van het lichtsein uit O in het nieuwe stelsel ook 1 bedraagt, en dat dus de bijbehoorende wereldlijn tot vergelijking heeft $x' = t'$.

Worden de eenheden van lengte en tijd ook in 't nieuwe stelsel door onderling gelijke lijnstukken weergegeven, dan zal de lijn $x' = t'$ diagonaal moeten worden van de *ruit*, die op de beide nieuwe eenheden van lengte en tijd is geconstrueerd; de nieuwe gelijktijdigheidslijn $t' = 0$ zal dan niet meer samenvallen met de oude as $t = 0$, maar met deze laatste denzelfden hoek maken als de nieuwe rustlijn $x' = 0$ met de oude $x = 0$, zóodanig, dat de wereldlijn $x = t$ of $x' = t'$ den hoek tusschen $x' = 0$ en $t' = 0$ middendoordeelt (fig. 8).

Het nieuwe netwerk, behoorend bij het bewegende stelsel (met lengte x' en tijd t'), zal dus uit *ruiten* bestaan (fig. 9).

De eenheid van t' moet zóo groot zijn, dat ze, beoordeeld in het oude stelsel, de waarde k heeft, dat m.a.w.

haar gelijktijdigheidslijn den afstand k heeft van de oude as $t = 0$. Men kan dus de nieuwe eenheid construeeren, door in 't punt $x = 0$, $t = k$ de loodlijn op $x = 0$ op te richten. Waar deze loodlijn de nieuwe rustlijn $x' = 0$ snijdt, ligt het uiteinde van de nieuwe eenheid.

De eenheid van lengte is een even groote lijn gelegen op een nieuwe gelijktijdigheidslijn, bijv. op $t' = 0$.

Hiermee hebben we het nieuwe schema volledig beschreven en geconstrueerd. We zijn dus in staat van elk punt zijn nieuwe coördinaten x' en t' aan te geven.

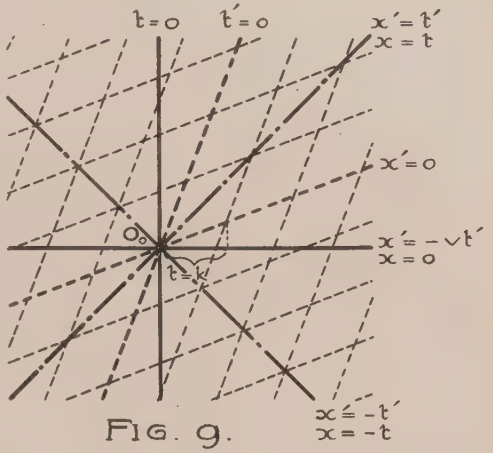


FIG. 9.

Tusschen de grootheden x en t, die bij een bepaald wereldpunt (gebeurtenis) behooren, eenerzijds en de bij hetzelfde punt behoorende grootheden x' en t' anderzijds bestaan betrekkingen, die natuurlijk door de wijze, waarop de nieuwe coördinaten zijn ingevoerd, geheel bepaald zijn.

We zullen echter deze betrekkingen niet door een meetkundig betoog uit de figuur, maar door een „werktuigkundige" redeneering afleiden.

We beschouwen daartoe een staaf AB in rust. Het punt A zij nulpunt van telling, de lengte van AB zij X. Stellen we de abscis van een punt op AB, d. i. zijn afstand tot A, voor door x, dan geldt voor A: $x = 0$ en voor B: $x = X$.

Daarnaast denken we ons een staaf PQ, waarop P als nulpunt van telling dient. De lengte van PQ moge X' bedragen. Noemt men x' de abscis van een punt van PQ, dan geldt voor P: $x' = 0$ en voor Q: $x' = X'$.

We nemen aan, dat PQ aanvankelijk in rust verkeert t.o. van de staaf AB en dat in dien betrekkelijken rusttoestand een waarnemer op AB precies dezelfde lengte-eenheid bezit als een waarnemer op PQ. De waarnemer op AB en die op PQ zijn 't er dus over eens, dat de

lengte van AB X en die van PQ X' bedraagt. Bovendien zullen in dien betrekkelijken rusttoestand de klokken van AB precies even snel loopen als de klokken van PQ. Een tijdsduur, dien de man in AB T noemt, krijgt ook van den man in PQ de waarde T.

We laten nu PQ met een snelheid v in de richting van P naar Q rakelings voorbij AB schieten. Het oogenblik, waarop het punt P het punt A passeert, wordt *zoowel op AB als op PQ* als nulpunt van den tijd t resp. t' aangenomen. Het gaan van P langs A is dus een gebeurtenis in plaats en tijd, die door een waarnemer op AB beschreven wordt door $x = 0$, $t = 0$ en door een waarnemer op PQ door $x' = 0$, $t' = 0$.

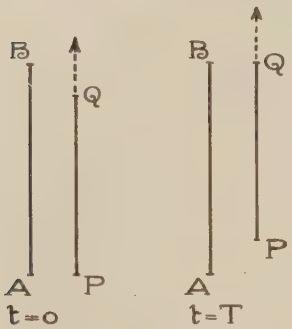


FIG. 10.

We beschouwen nu het oogenblik, dat het punt Q het punt B passeert. Volgens een waarnemer op AB moge het T tijdseenheden later zijn dan het oogenblik waarop P aan A voorbijging. Voor die passage van Q langs B geldt dus, beschouwd van het standpunt van den waarnemer op AB : $x = X$, $t = T$ (fig. 10).

De waarnemer op AB kan, als hij bekend is met de lengte X' van PQ, de waarde van T berekenen. Hij redeneert dan aldus: PQ krijgt door zijn snelheid v een Lorentz-verkorting, waardoor zijn lengte wordt $\frac{X'}{k} = X' \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Toen P het punt A passeerde, had Q nog af te leggen een stuk gelijk aan $X - \frac{X'}{k}$; daar de snelheid van Q v bedraagt, heeft Q daarover een tijd noodig gelijk aan

$$T = \left(X - \frac{X'}{k}\right) : v. \qquad (2)$$

Dit alles is het oordeel van den waarnemer op AB. De laatste formule, die aangeeft hoe men T berekent, als men X en X' kent, kan herleid worden tot

$$X' = k\,(X - v.T), \qquad (3)$$

in welken vorm ze leert, hoe men, door waarneming van de grootheden X en T *in het stelsel AB*, de lengte X' kan

berekenen van de staaf PQ, *zooals een waarnemer op* PQ *zelf die beoordeelt.*

Laten we ons thans plaatsen op het standpunt van een waarnemer op PQ. Volgens dezen beweegt zich niet PQ maar juist AB, en wel met de snelheid v in de richting van B naar A! De ontmoeting van B en Q zal volgens hem plaats hebben na T' tijdseenheden, dus op den tijd $t' = T'$ (fig. 11). Voor den waarnemer op PQ heeft de staaf AB een Lorentz-verkorting ondergaan, waardoor haar lengte is geworden $\frac{X}{k}$; om Q voorbij te komen had

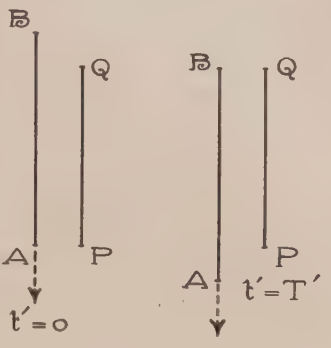


FIG. 11.

het punt B dus nog af te leggen den afstand $\frac{X}{k} - X'$, en wel met de snelheid v, dus in den tijd

$$T' = \left(\frac{X}{k} - X'\right) : v. \qquad (4)$$

Uit deze laatste vergelijking volgt nog

$$X = k\,(X' + v.T'). \qquad (5)$$

Deze vergelijking (5) kan ook als onmiddellijk gevolg van (3) worden beschouwd [evenals (4) van (2)]; immers de overgang van het eene stelsel op het andere komt slechts neer op het verwisselen van X met X', T met T' en v met $-v$.

De beide uitdrukkingen (2) en (3) voor den tijdsduur tusschen het elkaar passeeren van P en A en het elkaar passeeren van Q en B, naar gelang deze tijdsduur van AB of van PQ uit beoordeeld wordt, stellen in 't geheel niet hetzelfde bedrag voor.

Ware PQ, gemeten in rust t.o. van AB, *even* lang geweest als AB, waren we dus uitgegaan van $X' = X$, dan zou voor AB het oogenblik $Q = B$ gevallen zijn *na* het oogenblik $P = A$; daarentegen zou dan voor PQ het oogenblik $B = Q$ gevallen zijn *voor* het oogenblik $A = P$, terwijl iemand, die van de Lorentz-verkorting niets afwist, zou verklaren, dat die oogenblikken moeten samenvallen.

Hier treedt duidelijk aan het licht, dat zelfs onze be-

grippen „voor" en „na" relatief zijn geworden, dat de volgorde in den tijd eerst beteekenis krijgt *in verband met den bewegingstoestand* van den tijdmeter (waarnemer en klok).

Substitueeren we in (4) voor X' de uitdrukking (3), dan komt er:

$$T'=\left(\frac{X}{k}-kX+kvT\right):v=kT+\left(\frac{1}{k}-k\right)\frac{X}{v}=kT+\frac{k}{v}X\left(\frac{1}{k^2}-1\right)=$$

$$=kT+\frac{k}{v}X\left(1-\frac{v^2}{c^2}-1\right)=kT-\frac{kv}{c^2}X$$

of

$$T'=k\left(T-\frac{v}{c^2}X\right); \qquad (6)$$

naast deze formule krijgen we ook

$$T=k\left(T'+\frac{v}{c^2}X'\right). \qquad (7)$$

De in de formules (3), (5), (6) en (7) optredende grootheden X, T; X', T' kunnen, daar de snelheid v en de lengten der staven willekeurig zijn gekozen, beschouwd worden als de coördinaten van een zekere gebeurtenis (het passeeren van B en Q). Alleen zijn deze coördinaten in zooverre niet algemeen, als uitdrukkelijk vooropgesteld is, dat de gebeurtenis $X=0$, $T=0$ (het passeeren van A en P) in het andere stelsel heet $X'=0$, $T'=0$.

Gaan we nu over op onze gewone schrijfwijze x, t; x', t', dan kunnen we onze uitkomst als volgt formuleeren:

Heeft men in twee zich met de eenparige snelheid v t.o. van elkaar bewegende stelsels de lengte- en tijdcoördinaten (x, t) en (x', t') zóodanig vastgelegd, dat de gebeurtenis, die in 't eene stelsel $x=0$, $t=0$ heet, in 't andere stelsel eveneens $x'=0$, $t'=0$ heet, dan gelden tusschen de lengte- en tijdcoördinaten x, t resp. x', t' van dezelfde gebeurtenis, waar en wanneer deze ook moge voorvallen, de betrekkingen:

$$\begin{cases} x'=k\,(x-\ v.t) \\ t'=k\left(t-\frac{v}{c^2}.x\right) \end{cases} \text{of} \begin{cases} x=k\,(x'+v.t') \\ t=k\left(t'+\frac{v}{c^2}.x'\right) \end{cases}, \text{ waarbij } k=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}. \qquad (II)$$

Dit zijn nu de formules voor de coördinatentransformatie behoorende bij het bijzondere relativiteitsbeginsel.

Wanneer we c oneindig groot onderstellen, wordt $\frac{v}{c^2} = 0$ en $k = 1$, zoodat de formules (II) overgaan in de formules (I) der klassieke mechanica.

Terwijl bij de transformatie der klassieke mechanica de tijd onveranderd bleef, hetgeen tot uiting kwam in de formule $t' = t$, is de tijd in de nieuwe mechanica terdege afhankelijk van het stelsel waarin we hem beschouwen.

Ook hier echter bestaat een uitdrukking in x en t, die precies dezelfde gedaante krijgt in x' en t', wanneer we van de coördinaten x, t overgaan op de coördinaten x', t' met behulp van de formules (II). Deze uitdrukking luidt:

$$t^2 - \frac{x^2}{c^2}.$$

Inderdaad vinden we door herleiding (met gebruikmaking van $k^2\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = 1$):

$$t^2 - \frac{x^2}{c^2} = k^2\left(t'^2 + \frac{2v}{c^2}.x't' + \frac{v^2}{c^4}.x'^2\right) - \frac{k^2}{c^2}\left(x'^2 + 2v.x't' + v^2.t'^2\right) =$$

$$= k^2\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)t'^2 - \frac{k^2}{c^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)x'^2 = t'^2 - \frac{x'^2}{c^2}.$$

De uitdrukking $t^2 - \frac{x^2}{c^2}$ is dus bestand tegen verandering van stelsel. Is bijv. eenmaal $t^2 - \frac{x^2}{c^2} = 0$, of $x = \pm c.t$, dan blijft dit waar in elk ander (met eenparige snelheid voorbijtrekkend) stelsel. Nu drukt $x = \pm c.t$ uit, dat de lengte x met de snelheid c doorloopen wordt, dat er dus een *lichtsein* wordt uitgezonden. Daar echter de voortplantingssnelheid van het licht in *elk* zich eenparig bewegend stelsel de waarde c heeft, is ook om die reden de vergelijking $x' = \pm c.t'$ een gevolg van $x = \pm c.t$, dus $t'^2 - \frac{x'^2}{c^2} = 0$ van $t^2 - \frac{x^2}{c^2} = 0$.

Zooals we reeds herhaaldelijk opmerkten, zijn de in 't vorige gebruikte coördinaten x, t; x', t' zoo gekozen, dat $x = 0$, $t = 0$ samengaat met $x' = 0$, $t' = 0$. Nu kunnen we over de lengte- en tijdcoördinaten niet altijd op zulk een eenvoudige wijze beschikken. Herhalen we de redeneering aan het eind van Hoofdstuk II, dan komen we tot het besluit,

dat onze formules, die onder de voorwaarde $x = 0, t = 0$; $x' = 0$, $t' = 0$, voor x, t; x', t' golden, in 't algemeen gelden voor *coördinaatverschillen* $x - x_0$, $t - t_0$; $x' - x_0'$, $t' - t_0'$, en dus in 't bijzonder ook voor de „differentialen" dx, dt; dx', dt'.

Men heeft dus de volgende „differentiaalformules":

$$\begin{cases} dx' = k\,(dx - v.dt) \\ dt' = k\left(dt - \frac{v}{c^2}\cdot dx\right) \end{cases} \text{ of } \begin{cases} dx = k\,(dx' + v.dt') \\ dt = k\left(dt' + \frac{v}{c^2}\cdot dx'\right) \end{cases} \qquad \text{(IIa)}$$

$$\text{waarbij } k = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

en

$$dt^2 - \frac{dx^2}{c^2} = dt'^2 - \frac{dx'^2}{c^2}. \qquad \text{(IIb)}$$

Duidt men den vorm $dt^2 - \frac{dx^2}{c^2}$ door een enkel symbool $d\tau^2$ aan, zoodat

$$d\tau^2 = dt^2 - \frac{dx^2}{c^2}, \qquad (8)$$

dan wordt de vergelijking (IIb):

$$d\tau^2 = d\tau'^2. \qquad \text{(IIbb)}$$

Uit (IIa) vindt men

$$\frac{dx'}{dt'} = \frac{dx - v.dt}{dt - \frac{v}{c^2}.dx} = \frac{\frac{dx}{dt} - v}{1 - \frac{v}{c^2}\cdot\frac{dx}{dt}},$$

Zooals we bij de afleiding der formule (Ic) betoogd hebben, stelt $\frac{dx}{dt} = u$ de snelheid voor, waarmee het beschouwde punt zich op zeker oogenblik langs de lijnvormige ruimtewereld verplaatst, en wel gemeten in het oorspronkelijke stelsel; evenzoo beteekent $\frac{dx'}{dt'} = u'$ de waarde, die in het tweede stelsel aan de snelheid dier beweging wordt toegekend. Tusschen u en u' bestaat derhalve de betrekking:

$$u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}} \quad \text{of} \quad u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}}. \qquad \text{(IIc)}$$

Dit is nu de regel voor de samenstelling van snelheden op een rechte lijn. Stelt men $u = c$, dan vindt men ook

$u' = c$, gelijk te verwachten was. Voor $c = \infty$ gaat de formule (IIc) over in de formule (Ic) der klassieke mechanica [1]).

Ook hier kunnen we de vergelijkingen (II) formeel vereenvoudigen door de lichtsnelheid c gelijk te stellen aan 1 (hetgeen neerkomt op een bijzondere keuze der eenheden, bijv. de secunde en 300.000 K.M.). De formules (II), (IIa), (IIb) en (IIc) gaan dan resp. over in

$$\begin{cases} x' = k(x - v.t) \\ t' = k(t - v.x) \end{cases} \text{ of } \begin{cases} x = k(x' + v.t') \\ t = k(t' + v.x') \end{cases} \left(k = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2}} \right), \qquad \text{(II')}$$

$$\begin{cases} dx' = k(dx - v.dt) \\ dt' = k(dt - v.dx) \end{cases} \text{ of } \begin{cases} dx = k(dx' + v.dt') \\ dt = k(dt' + v.dx') \end{cases} \left(k = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2}} \right), \qquad \text{(II'a)}$$

$$dt^2 - dx^2 = dt'^2 - dx'^2, \qquad \text{(II'b)}$$

$$u' = \frac{u - v}{1 - uv} \quad \text{of} \quad u = \frac{u' + v}{1 + u'v}, \qquad \text{(II'c)},$$

terwijl de vergelijking (8) in dit geval luidt:

$$d\tau^2 = dt^2 - dx^2. \qquad (8')$$

De snelheid v is hier dus uitgedrukt als fractie van de lichtsnelheid. Door de bijzondere keuze $c = 1$ hebben de formules een uiterlijke gedaante gekregen, waarin het onderscheid tusschen x en t, althans uit *wiskundig* oogpunt, zoo goed als geheel verdwenen is. Deze symmetrie in den bouw der vergelijkingen, die bij de formules der klassieke mechanica geheel ontbreekt, heeft MINKOWSKI ertoe gebracht den tijd als een denkbeeldige ruimtegrootheid te beschouwen [2]). Door zoodoende van de eigenschappen der transformatieformules een eenvoudige meetkundige vertolking te geven, heeft MINKOWSKI de denkbeelden van EINSTEIN krachtig helpen verbreiden.

Zooals we reeds vroeger gevonden hebben, gaat bij de transformatie krachtens het bijzondere relativiteitsbeginsel het vierkanten-netwerk over in een ruiten-netwerk, terwijl de onveranderlijke wereldlijnen der lichtseinen, bij de eenhedenkeuze $c = 1$, de hoeken tusschen de assen middendoordeelen (zie fig. 8 en fig. 9).

---

[1]) $d\tau = \sqrt{dt^2 - \frac{dx^2}{c^2}} = dt\sqrt{1 - \frac{1}{c^2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2} = dt\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$ is de differentiaal van een grootheid τ, die overeenkomt met den plaatstijd van LORENTZ, en door MINKOWSKI „Eigenzeit" is genoemd.

[2]) H. MINKOWSKI: Raum und Zeit. Leipzig, 1909.

Daar $t^2 - x^2 = t'^2 - x'^2$, zal de figuur, voor welker punten geldt:

$$t^2 - x^2 = a,$$

in 't nieuwe stelsel dezelfde vergelijking krijgen (n.l. $t'^2 - x'^2 = a$). Deze figuur is een *rechthoekige hyperbool*, waarvan de asymptoten samenvallen met de (onveranderlijke) bissectrices der assen.

De tijdseenheid in het nieuwe stelsel, dus de eenheid van t', wordt van de rustlijn $x' = 0$ afgesneden door de rechthoekige hyperbool $t^2 - x^2 = +1$, (immers voor deze geldt ook $t'^2 - x'^2 = +1$, zoodat de lijn $x' = 0$ haar snijdt in twee punten, waarvoor $t' = \pm 1$); de (even lange) lengte-eenheid wordt van de gelijktijdigheidslijn $t' = 0$ afgesneden door de rechthoekige hyperbool $t^2 - x^2 = -1$.

In fig. 12 is de vervorming van het netwerk weergegeven. De getrokken lijnen vormen het (oorspronkelijke) vierkanten-netwerk; de gestippelde lijnen het (nieuwe) ruiten-netwerk; de onveranderlijke lijnen $t^2 - x^2 = +1$, $t^2 - x^2 = -1$ en $t^2 - x^2 = 0$ (d.w.z. $t = +x$ en $t = -x$) zijn gepuntstreept.

In het lengte-tijd-vlak van de klassieke mechanica was een rechte lijn, opgevat als wereldlijn, steeds het beeld van een eenparige beweging [1]). Ook in het nieuwe wereldfilm stelt de rechte lijn, in haar functie van wereldlijn, steeds een eenparige beweging voor. Immers t.o. van het oorspronkelijke vierkanten-net geldt deze uitspraak evengoed als t.o. van het precies eender gebouwde aanvangsnet der oude mechanica. Nu beantwoordt de wereldlijn van een beweging, die eenparig (rechtlijnig) is t.o. van het stelsel met rechthoekige coördinaten, aan een vergelijking tusschen x en t van den eersten graad, dus van den vorm $x = x_0 + v.t.$ Deze vergelijking gaat echter door transformatie over in een vergelijking in x' en t', die eveneens van den eersten graad is, dus $x' = x'_0 + v.t'$. Deze laatste betrekking drukt echter uit, dat, als t' toeneemt met p, x' toeneemt met $v' \times p$. De aangroeiingen van de abscis zijn dus evenredig met die van den tijd, en dit is juist het kenmerk van een eenparige beweging. Derhalve:

In het werelddiagram van het bijzondere relativiteits-

---

[1]) Daar de geheele door ons beschouwde wereld een *rechte* lijn, is deze eenparige beweging tevens rechtlijnig.

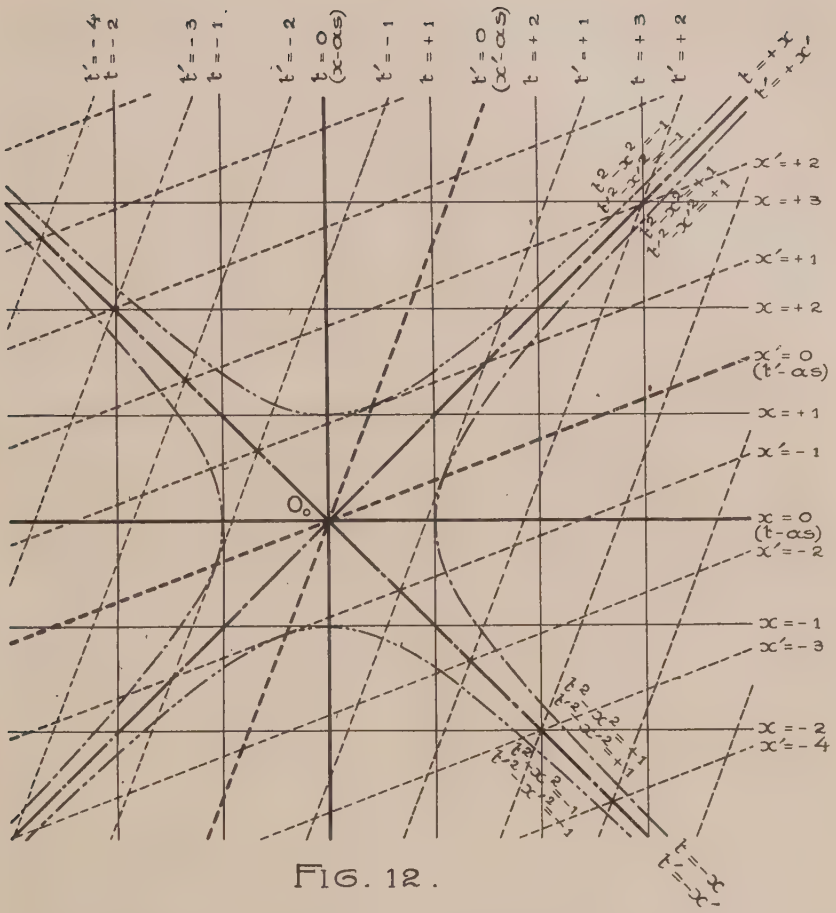


FIG. 12.

BIJZONDER RELATIVITEITSBEGINSEL.

$$\begin{cases} x' = k(x - vt) \\ t' = k(t - vx) \end{cases}$$

OF

$$\begin{cases} x = k(x' + vt') \\ t = k(t' + vx') \end{cases}$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2}}$$

beginsel is de *rechte lijn* wereldlijn van de eenparige (rechtlijnige) beweging.

Deze stelling is voor ons van groot gewicht. Ze zal ons

dienen als punt van uitgang bij de wiskundige behandeling van het algemeene relativiteitsbeginsel.

V. DE GELIJKHEID VAN TRAGE EN ZWARE MASSA.

Het bijzondere relativiteitsbeginsel behoort, in den vorm zooals het hierboven beschreven is, tot de bewegingsleer of cinematica; de eenige begrippen, die in de transformatieformules (II) optreden, zijn lengte, tijd en het uit deze twee zuiver-wiskundig afleidbare begrip snelheid.

Nu kan de bewegingsleer in ontelbare stijlen opgebouwd worden. Evenmin als de klassieke bewegingsleer is de cinematica van het bijzondere relativiteitsbeginsel de eenig ware. In plaats van de transformatieformules (I) of (II) had men tallooze andere transformaties kunnen opstellen en daarop een bewegingsleer grondvesten. Welk stel men uitkiest, hangt ervan af, welke *natuurkundige* feiten men ermee wil verklaren en van welke natuurkundige grondbeginselen men uitgaat. Zoo waren het de electromagnetische verschijnselen, die de klassieke mechanica in ongunst brachten en ertoe leidden de onveranderlijkheid van de tijdmaat prijs te geven, maar daarvoor in de plaats de onveranderlijkheid van een zekere grenssnelheid (de lichtsnelheid) aan te nemen.

Terwijl men dus de theorie van het bijzondere relativiteitsbeginsel uitsluitend met cinematische hulpmiddelen kan ontwikkelen, wordt in de leer van het algemeene relativiteitsbeginsel een voorname rol gespeeld door een, wel is waar werktuigkundig, maar niet cinematisch begrip, n.l. het begrip *massa*.

Ter wille van een behoorlijke analyse van dit begrip „massa" moeten we enkele zeer bekende natuurkundige verschijnselen in herinnering brengen.

Geeft men aan een stilstaand voorwerp, bijv. een wagon, een stoot, dan geraakt het in beweging; de toestand van rust gaat over in een bewegingstoestand met een zekere snelheid, bijv. van 1 M. per sec.; de aanvankelijke snelheid van 0 M. per sec. wordt gewijzigd in de snelheid van 1 M. per sec.; er heeft een *snelheidsverandering*, een *versnelling* plaats.

Een dergelijke stoot kan evenzeer een aanvankelijke snelheid vergrooten of verkleinen.

Een voortdurend werkende kracht brengt een voortdurende snelheidsverandering, een voortdurende, zij 't misschien veranderlijke, versnelling teweeg.

Constateert men, dat verschillende krachten aan een zelfde voorwerp verschillende versnellingen geven, dan stelt men, in navolging van NEWTON, de grootten dier krachten evenredig met de versnellingen die ze teweegbrengen. Is eenmaal deze evenredigheid vooropgesteld, dan kan men ook omgekeerd zeggen, dat verschillende op een zelfde lichaam werkende krachten versnellingen ten gevolge hebben, wier bedrag evenredig is met de grootte dier krachten, zoodat bijv. een tweemaal zoo groote kracht een tweemaal zoo groote versnelling bewerkt.

Een zelfde stoot geeft aan verschillende voorwerpen in 't algemeen verschillende versnellingen. Dezelfde stoot, die aan een stilstaanden wagon een snelheid van 1 M. per sec., dus een (oogenblikkelijke) versnelling van 1 M. per sec. meedeelt, heeft ten gevolge dat een uit twee dergelijke wagons bestaande stilstaande trein een *half zoo groote* snelheid dus een snelheid van $^1/_2$ M. per sec. krijgt, bewerkt dus een (oogenblikkelijke) versnelling van $^1/_2$ M. per sec.

Om aan den uit twee wagons bestaanden trein *dezelfde* versnelling te kunnen geven als aan den enkelen wagon, moet ook een tweemaal zoo groote kracht aangewend worden.

Ook zal het minder inspanning kosten, een geringere kracht vereischen om aan een houten wagon een bepaalde versnelling te geven dan aan een ijzeren wagon.

Voor dezelfde versnelling zijn dus bij verschillende voorwerpen in 't algemeen verschillende krachten noodig; de grootte van die kracht hangt af van de grootte van het voorwerp en van den aard van het materiaal waaruit het bestaat. Men kan aan de voorwerpen een attribuut toekennen, waarvan het bedrag evenredig is met de grootte van de kracht, die een gegeven versnelling bewerkt; dit attribuut kunnen we ruwweg noemen: de „hoeveelheid stof" van het voorwerp. Hoe grooter de hoeveelheid stof is, hoe grooter kracht verlangd wordt voor een gegeven versnelling, hoe kleiner versnelling een gegeven kracht vermag te geven.

Nu is de versnelling de afwijking van de rechtlijnig-

eenparige beweging, die het voorwerp, als er *geen* kracht op werkt, krachtens zijn *traagheid* behoudt. Hoe grooter de hoeveelheid stof, des te geringer is het effect van een gegeven kracht, des te sterker verzet het voorwerp zich tegen de bewegingsverandering, des te „trager" is het voorwerp. In plaats van „hoeveelheid stof" spreekt men daarom van *trage massa*.

We kunnen de traagheidsverschijnselen aldus beschrijven: Een voorwerp heeft voor een gegeven versnelling (snelheidsvermeerdering of snelheidsvermindering) een kracht noodig, die evenredig is met zijn *trage massa*, en krijgt onder den invloed van een gegeven kracht een versnelling, die omgekeerd evenredig is met zijn trage massa.

De bepaling van het begrip „trage massa" steunt geheel en al op de ervaring aangaande de „traagheidsverschijnselen". Deze stellen ons in staat van elk voorwerp de trage massa aan te geven, zoodra we een keuze gedaan hebben voor de *eenheid* van trage massa (bijv. die van 1 c.M.^{3} water bij 4° C., het *gram*).

De hier besproken trage massa treedt ook op in een groep van verschijnselen, geheel verschillend van de traagheidsverschijnselen, en wel bij de algemeene aantrekkingskracht.

De algemeene aantrekkingskracht, waarmee Newton ons bekend heeft gemaakt, openbaart zich in 't bijzonder op het oppervlak van onze aarde in de zwaartekracht of „gravitatie", waarvan reeds Galilei de wetten heeft opgespoord.

Laten we ons eerst duidelijk rekenschap geven van de eigenschappen van deze aantrekkingskracht (die in haar algemeenen vorm ook „gravitatie" genoemd wordt). Daartoe willen we ons verbeelden, dat alle voorwerpen op aarde *niet* onderhevig zijn aan de ons bekende zwaartekracht, maar aan een andere natuurkracht die elk los voorwerp *met dezelfde kracht* omlaag trekt (alsof aan elk voorwerp een koord ware bevestigd, aan welks andere uiteinde steeds met *dezelfde* kracht werd getrokken). In dat geval zouden verschillende voorwerpen verschillende „valversnellingen" krijgen naar gelang van hun (verschillende) trage massa. Van een voorwerp zou de valversnelling omgekeerd evenredig zijn met zijn trage massa. Had van twee voorwerpen het eene een tweemaal zoo groote trage

massa als het andere, dan zou het eerste ook half zoo snel vallen als het tweede.

Constateerde men omgekeerd, dat een lichaam des te langzamer viel, naarmate het grooter trage massa had, zoodanig, dat de valversnelling half zoo groot werd, als de trage massa verdubbeld werd, dan zou men daaruit besluiten, dat elk lichaam *met dezelfde kracht* door de aarde werd aangetrokken. Elk voorwerp zou dan ook op een tafel of op onze hand dezelfde drukking uitoefenen, zou m. a. w. „even zwaar" zijn, *hetzelfde gewicht* hebben.

Het *gewicht* van een voorwerp, d. i. de kracht waarmee de aarde het omlaag trekt, zou dan niets te maken hebben met zijn trage massa.

Wat wordt nu echter inderdaad op onze aarde waargenomen? Wanneer we onze proeven nemen op het oppervlak der aarde, dus op denzelfden afstand van het aantrekkingsmiddelpunt, dan bevinden we, dat alle voorwerpen *tengevolge van de zwaartekracht even snel vallen*, dus *dezelfde versnelling* krijgen. Maar dan moet ook deze gravitatie voor de verschillende voorwerpen verschillend zijn, en wel recht evenredig met de trage massa van de voorwerpen: een lichaam met de dubbele trage massa moet met de dubbele kracht aangetrokken worden, wil de gravitatie dezelfde versnelling bewerken. Blijkens de *gelijke* versnelling van alle lichamen is dus de op hen werkende aantrekkende kracht, d. i. hun *gewicht*, *evenredig met hun trage massa.*

Noemen we het attribuut van een voorwerp, dat zijn gewicht, d. i. het bedrag der aantrekkingskracht, bepaalt, de „*zware massa*" van het voorwerp, dan kunnen we zeggen, dat deze zware massa evenredig is met de trage massa van hetzelfde voorwerp. Door een geschikte keuze van de *eenheid* van zware massa (bijv. die van 1 c.M.^{3} water bij 4° C.) kunnen we bereiken, dat de zware massa steeds *gelijk is aan* de trage massa. Uit de gelijke valversnelling besluiten we dus, dat *van elk lichaam de zware* (of *graviteerende*) *massa gelijk is aan de trage massa.*

De gelijkheid van deze beide soorten van massa is dus niet iets van-zelf-sprekends; ze is een ervaringsfeit; ze is dus in zekeren zin toevallig, d.w.z. niet logisch noodzakelijk. Van deze toevalligheid is men zich lang niet altijd even

duidelijk bewust geweest. De gelijkheid van zware en trage massa werd vroeger zoo natuurlijk gevonden, dat men slechts één begrip massa in de natuurkunde verwerkte en dit nu eens definieerde met behulp van de gravitatie, dan weer met behulp der traagheidsverschijnselen. Eerst EINSTEIN heeft deze gelijkheid in haar volle beteekenis „ontdekt". EINSTEIN vond deze gelijkheid, wel verre van van-zelfsprekend, integendeel zoo opvallend, dat er „wat achter moest zitten", dat er een diepere grond voor moest zijn. Voor EINSTEIN wees deze overeenstemming tusschen de beide massa's op een innigen samenhang tusschen de beide groepen van verschijnselen, voor welker beschrijving die beide soorten van massa waren ingevoerd, tusschen de traagheidsverschijnselen en de gravitatieverschijnselen. Hiermee opende zich een hoopvol verschiet. Er bestond nu kans, dat ons een nieuwe blik zou worden gegund in het wezen der algemeene aantrekkingskracht, die weerbarstige natuurkracht, die tot dusver hardnekkig aan alle verklaringspogingen weerstand had geboden. Wie weet, misschien zou men zelfs wel bevrijd worden van dat onverteerbare begrip, naar 't scheen onvermijdelijk in de beschrijving der gravitatie, het begrip „werking op afstand".

VI. HET AEQUIVALENTIEBEGINSEL.

Het door EINSTEIN ontdekte verband tusschen de traagheids- en de gravitatieverschijnselen is, na het hierboven behandelde, met geringe moeite in te zien.

We denken ons een spoortrein, die op een rechte baan (richting bijv. Zuid → Noord) wordt voortgetrokken. Binnen in een coupé van dien trein zullen dan alle punten in denzelfden bewegingstoestand verkeeren. Wordt de locomotief langzaam aangezet, dan krijgen al die punten *eenzelfde versnelling*. We zullen aannemen, dat het aanzetten zoo geleidelijk geschiedt, dat gedurende eenigen tijd de versnelling standvastig is, bijv. 1 snelheidseenheid (1 M. per sec.) per secunde.

We stellen ons nu binnen den coupé een persoon voor, die, doordat de gordijntjes dicht zijn, niets ziet van de buitenwereld, d. i. de spoorbaan en omgeving, en die door gebrek aan natuurkundige kennis geen besef heeft van de wet van de traagheid. Zoolang de trein stilstaat zal zijn

werktuigkundige ervaring zich bepalen tot het constateeren van de zwaartekracht; hij zal waarnemen, dat alle voorwerpen even snel naar beneden vallen en dat deze voorwerpen, als ze op een bank liggen en zoo verhinderd worden te vallen, op die bank een drukking uitoefenen, zooals ook de persoon zelf zich (zittend) tegen de bank of (staande) tegen den vloer aangedrukt voelt. Onze coupébewoner schrijft deze val- en drukkingsverschijnselen na eenig overleg toe aan een naar beneden gerichte aantrekkingskracht, die aan alle lichamen dezelfde versnelling geeft, dus aan een zwaartekracht, zooals wij die kennen. En wij, die hem in natuurkennis verre overtreffen, geven hem in zijn verklaringswijze gelijk.

Nu wordt, zonder dat de coupébewoner recht weet, wat er gebeurt, de locomotief aangezet, tengevolge waarvan de trein een (naar we onderstellen) standvastige horizontale versnelling krijgt, bijv. in Noordelijke richting. Wat zal nu de coupébewoner waarnemen? Rijdt hij achteruit (zie fig. 13) dan zal hij t.o. van de bank een versnelling krijgen, waardoor hij, als hij zich niet vasthoudt of door wrijving tegengehouden wordt, van de bank afvliegt. Diezelfde versnelling zal hij bij alle losse voorwerpen waarnemen. Rijdt hij daarentegen vooruit, dan zal hij zich plotseling tegen den rug van de bank gedrukt voelen, zooals ook alle voorwerpen tegen den Zuidwand gaan drukken. Die drukking zal evenredig zijn met de trage massa van den persoon of het voorwerp, *dus ook met de zware massa*, de eenige, die de coupébewoner kent.

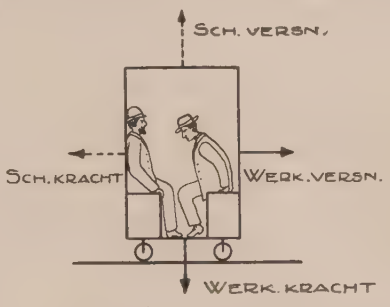


FIG. 13.

In beide gevallen zal hij, die van traagheidsverschijnselen niets afweet, verklaren, dat er een horizontale (in Zuidelijke richting) trekkende kracht is opgetreden, die op hem en alle in den coupé aanwezige voorwerpen werkt, die aan alle lichamen dezelfde versnelling geeft en aan alle lichamen een „horizontaal gewicht" verleent evenredig met hun zware massa, en die dus van geheel denzelfden aard is als de vertikale (naar beneden) trekkende kracht, die hij reeds vroeger kende.

Wij echter, met onze grootere natuurkennis, geven hem ditmaal geen gelijk! Wij toch, die de beweging van den geheelen trein kennen, weten dat de kracht, die hij waarneemt, slechts *schijn* is, dat zijn waarnemingen slechts traagheidsverschijnselen betreffen! Maar . . . geven we ons eens onbevangen rekenschap van wat werkelijk wordt waargenomen, dan komen we al spoedig tot het inzicht, dat de verklaring van den coupébewoner nog zoo gek niet was, dat ze, zij 't misschien minder eenvoudig, niettemin *even juist* is als de onze.

Onze coupébewoner heeft dus het volste recht de verschijnselen, die wij met de traagheidswet verklaren, te wijten aan een voortdurende horizontaal werkende kracht.

We stellen ons nu eens een tweeden coupébewoner voor, die niet alleen die genoemde verschijnselen — naar onze opvatting terecht — aan traagheidswerkingen toeschrijft, maar zelfs zulk een grondigen afkeer heeft van aantrekkende krachten, dat hij ook van de zwaartekracht — die wij wèl erkennen — het bestaan loochent. Hij dan beweert, dat de heele coupé (trein) een standvastige versnelling heeft, *naar boven* gericht. Aan die versnelling nemen alle voorwerpen deel, die met den coupé vast verbonden zijn, of die op de bank liggen en bij wijze van traagheidsprotest op die bank drukken met een kracht evenredig met hun *trage* massa. Daarentegen zullen de „vrije" voorwerpen, die los zijn, dus niet met de bank mee opgetild worden, in die versnelling *niet* deelen, en krachtens hun traagheid in rust blijven of in een eventueele eenparige beweging. Dit volharden in hun ouden bewegingstoestand openbaart zich echter daarin, dat ze ten opzichte van den coupé een versnelling naar beneden krijgen, en wel alle *dezelfde versnelling*. Aldus redeneert onze zwaartekracht-afschaffer.

Mogen wij hem nú ongelijk geven? Neen! Zijn verklaring van de betrekkelijke versnelling tusschen coupé en vrij voorwerp moge minder eenvoudig zijn van de onze, minder juist is ze zeker niet!

We zien hieruit, dat een standvastige versnelling, dank zij de traagheid, dezelfde verschijnselen teweegbrengt als een tegengesteld gerichte standvastige aantrekkingskracht, die, evenals onze zwaartekracht, aan elk lichaam, wat ook

zijn massa of andere natuurkundige eigenschappen zijn, dezelfde versnelling geeft, — en dat omgekeerd de werking van zoo'n dergelijke standvastige aantrekkingskracht geheel overeenkomt met de traagheidseffecten van een tegengesteld gerichte standvastige versnelling.

We beschouwen nu een draaimolen, die regelmatig rondraait. De draaimolen moge geheel dichtgetimmerd zijn, zoodat een persoon, die op den molen staat, geen kennis heeft van de buitenwereld en dus ook niet kan constateeren, dat hij zich voortdurend in een andere richting beweegt. De vraag is ook hier, wat zal zulk een persoon waarnemen? Blijkbaar alleen de z.g. „middelpuntvliedende kracht". De waarnemer zal zich naar den buitenwand toe getrokken voelen (zie fig. 14). Geeft hij aan die trekkende kracht geheel gehoor, dan is zijn versnelling voortdurend gericht volgens de lijn, die den persoon met de as verbindt, en wel van de as af. Het bedrag van de versnelling is verschillend op verschillende afstanden van de as (het is met dien afstand evenredig); maar *elk* voorwerp, dat zich op een zelfden gegeven afstand van de as bevindt, krijgt dezelfde versnelling. Wordt daarentegen de persoon of het voorwerp in zijn beweging van de as af verhinderd, bijv. door den tegenstand van den wand, dan openbaart zich die middelpuntvliedende kracht in een drukking, die, behalve van den afstand tot de as, afhangt van de trage massa van den persoon of het voorwerp, en wel daarmee evenredig is. Het is dus voor dien waarnemer alsof er een horizontale gravitatie werkt, die overal van de as af is gericht, en waarvan het bedrag verandert met den afstand tot de as. En wanneer hij aan die gravitatie realiteit toekent en niet weten wil van traagheidswerkingen, dan staat het ons wel vrij om die verklaringswijze onpraktisch te noemen, maar niet om haar als ondeugdelijk te verwerpen. De waarnemer op den draaimolen zal er zich van zijn standpunt terecht over verwonderen, dat wij in onze werktuigkunde met zulk een spitsvondige redeneering die middelpuntvliedende kracht, die toch ieder aan den lijve kan voelen, weggoochelen.

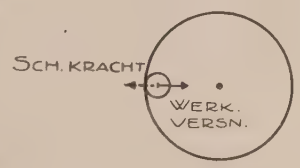


FIG. 14.

Zoowel in het voorbeeld van den spoorwegcoupé als in dat van den draaimolen konden we in elk punt van de beschouwde ruimte de versnelling aangeven, die elk voorwerp, hoe zijn natuurkundige gesteldheid ook zij, daar krijgt. Men spreekt in dit geval van een „*versnellingsveld*". Zulk een versnellingsveld kan ook tot een plat vlak of zelfs tot een enkele lijn beperkt worden.

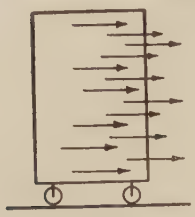


FIG. 15 a.

Bij den spoorwegcoupé was het versnellingsveld uniform (zie fig. 15a), elk punt kreeg dezelfde versnelling in richting en grootte. Bij den draaimolen is in elk punt de versnelling verschillend, 't zij in richting, 't zij in grootte (zie fig. 15b). Het versnellingsveld is hier niet uniform.

FIG. 15 b.

Evenals van een versnellingsveld spreekt men ook van een „*krachtveld*".

We hebben zoowel bij een uniform als bij een bijzonder niet-uniform versnellingsveld laten zien, dat dit versnellingsveld gelijkwaardig is met een zeker „gravitatieveld". Het zal wel duidelijk zijn, dat ditzelfde gezegd kan worden van elk willekeurig versnellingsveld, d. i. van elke versnellingsverdeeling, waarbij de versnelling uitsluitend afhangt van de *plaats* in het veld en *niet* van de bijzondere eigenschappen van het lichaam, dat aan de versnelling wordt onderworpen.

We kunnen ons resultaat als volgt formuleeren:

Elk versnellingsveld kan vervangen worden door een gravitatieveld: de *traagheidswerkingen*, die ten gevolge van de versnellingen optreden, worden dan geïnterpreteerd als *gravitatiewerkingen.* Omgekeerd kan ook elk gravitatieveld vervangen worden door een versnellingsveld.

Deze onderlinge gelijkwaardigheid van gravitatieveld en versnellingsveld is het, welke EINSTEIN geproclameerd heeft in zijn „gelijkwaardigheidsbeginsel" of *aequivalentiebeginsel*" [1]).

Door een versnellingsveld te vertolken als gravitatieveld worden van alle met een zekere omgeving vast verbonden

[1]) A. EINSTEIN: Ueber den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes. Ann. der Physik, 4. Folge, Bd. 35 (1911), p. 898. Verg. ook. A. EINSTEIN: Ueber das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen. Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik, Bd. 4 (1907), p. 411, 454.

punten de versnellingen weggenomen; de geheele bedoelde omgeving krijgt dan een eenparige rechtlijnige beweging en de verschijnselen, die van ouds op rekening van traagheid gesteld werden, worden dan geweten aan de werking van graviteerende krachten. Bovendien zal het opheffen der versnellingen, dus het veranderen der snelheden, krachtens het bijzondere relativiteitsbeginsel van invloed zijn op de lengte- en tijdmaten en zoodoende aan onze ruimte-tijd-wereld ongewone meetkundige en natuurkundige eigenschappen verleenen.

We zullen op enkele van deze eigenschappen de aandacht vestigen.

In de eerste plaats beschouwen we de baan van een lichtsein. Deze baan is in de klassieke mechanica en ook in de mechanica van het bijzondere relativiteitsbeginsel een rechte lijn, wanneer het lichtsein zich in een homogene

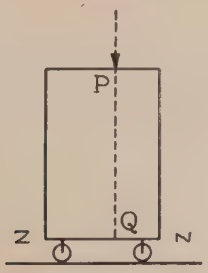


FIG. 16a.

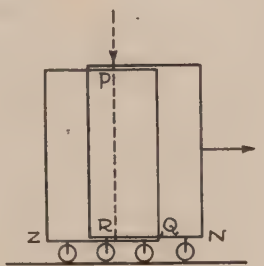


FIG. 16b.

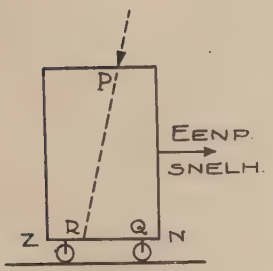


FIG. 16c.

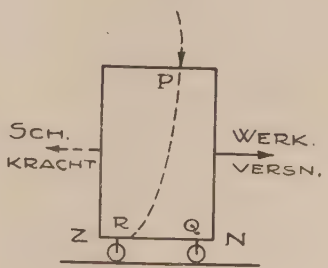


FIG. 16d.

middenstof voortplant. Een kromlijnige lichtbaan wordt dienovereenkomstig geweten aan veranderlijkheid van den brekingsindex of, w.h.i., aan veranderlijkheid van de voortplantingssnelheid als gevolg van de natuurkundige eigenschappen der doorloopen middenstof.

Stellen we ons bijv. een lichtsein voor, dat zich in vertikale richting voortplant en van een *stilstaanden* spoorwegcoupé de zoldering in P en den vloer in Q treft. Zoowel voor een coupébewoner als voor een buitenstaander volgt het sein de *rechte lijn* PQ (zie fig. 16a).

Denken we ons nu den spoorwegcoupé in *eenparig-rechtlijnige* beweging (richting Zuid → Noord), dan zal in den tijd, dien het licht noodig heeft om den afstand tusschen zoldering en vloer af te leggen, de coupé zich verplaatst hebben, bijv. zóover, dat de plaats, die vroeger door 't punt Q werd ingenomen, nu ingenomen wordt door het punt R van den vloer. Voor den buitenstaander volgt het lichtsein nog steeds de vertikale baan door P (zie fig. 16b). Voor den coupébewoner is echter de lichtbaan niet meer vertikaal, maar ze is nog wèl *recht* (zie fig. 16c). Immers de horizontale verplaatsing is hier evenredig met den tijd, die op zijn beurt weer evenredig is met den vertikalen lichtweg.

Beschouwen we nu eens den spoorwegcoupé in *versnelde* beweging (Z. → N.). Dan zal de horizontale verplaatsing niet meer evenredig zijn met den tijd, dus ook niet meer met den in vertikale richting doorloopen lichtweg; de baan van het licht t. o. van den coupé zal dan *gekromd* zijn; de combinatie van de vertikale standvastige snelheid met de horizontale versnelling (Noord → Zuid) t. o. van den coupé levert (evenals bij den worp de horizontale standvastige snelheid met de vertikale benedenwaarts gerichte versnelling) een parabolische baan (zie fig. 16d). Een persoon, die zich binnen den versnelden spoorwegcoupé bevindt, neemt dus een kromlijnige lichtbaan waar; en als hij niets van zijn eigen versnelling (Zuid → Noord) afweet en dus geen verklaring kan geven met behulp van traagheid, zal hij die kromming toeschrijven aan de door hem bespeurde aantrekkingskracht in de richting Noord → Zuid. Daar hij de kromming van de lichtbaan aan den anderen kant in verband brengt met veranderlijkheid van de voortplantingssnelheid, zal hij zijn ervaring als volgt formuleeren:

De baan van een lichtsein, die zonder gravitatieveld recht is, wordt in een gravitatieveld gekromd en de voortplantingssnelheid wordt door de gravitatie gewijzigd.

Daar we, als aanhangers van het aequivalentiebeginsel,

den coupébewoner geen ongelijk kunnen geven, kunnen we zijn verklaring niet minder juist achten dan onze oude opvatting van het verschijnsel, waarbij wij die kromming voor onwerkelijk hielden. We komen dus tot het besluit, dat een gravitatieveld de eigenschap heeft de baan van een lichtsein te krommen en de voortplantingssnelheid te wijzigen. Een lichtsein is dus vergelijkbaar met een stoffelijk voorwerp; wanneer dit aan de werking van een gravitatieveld wordt blootgesteld, wordt ook zijn eertijds eenparig-rechtlijnige beweging veranderd in een kromlijnige (worpbaan).

Uit deze stelling volgt, dat het bijzondere relativiteitsbeginsel, dat de onveranderlijkheid van de lichtsnelheid (in een homogene middenstof) vooropstelt, alleen geldt in een ruimte zonder gravitatieveld. Daar wij zulk een ruimte zonder gravitatie nergens aantreffen, is ons ook geen ruimte bekend, waarin het bijzondere relativiteitsbeginsel geldt. Daarmee is echter de beteekenis van dit beginsel geenszins verzwakt. Een gravitatielooze ruimte toch kan beschouwd worden als grensgeval van een steeds zwakker wordend gravitatieveld, en een *zwak* gravitatieveld zal *bij benadering* dezelfde eigenschappen hebben als een gravitatieloos veld. Welnu, zoo zal ook de theorie van het bijzondere relativiteitsbeginsel, d. i. de theorie van de gravitatielooze ruimte-tijd-wereld, een *bij benadering juiste* beschrijving geven van een zwak gravitatieveld. Maar ook — wat zeker niet minder belangrijk is — de theorie van de gravitatielooze ruimte kan als model dienen bij den opbouw van de algemeenere theorie; en inderdaad heeft Einstein bij het ontwerpen van de theorie van het algemeene relativiteitsbeginsel de leer van het bijzondere relativiteitsbeginsel voor oogen gehad.

Zooals we hierboven reeds aankondigden, heeft de toepassing van het aequivalentiebeginsel ook verstrekkenden invloed op onze meetkundige begrippen. Om dezen invloed na te gaan zullen we ons nog eens verplaatsen in den toestand van den waarnemer op den draaimolen. We onderstellen, dat de opmetingen bij stilstand geleerd hebben, dat de vloer van den molen volkomen vlak is en door een zuiver cirkelvormigen rand begrensd wordt. We denken ons nu den molen in draaiende beweging met eenparige hoeksnelheid en op den molen een meedraaienden waarnemer. Deze waarnemer gaat den straal van den cirkel-

vormigen buitenrand meten; hij vindt daarvoor de waarde a. Vervolgens gaat hij den omtrek van den buitenrand meten. Elk punt van den rand heeft, ten gevolge van de draaiing, dezelfde snelheid, bijv. v. Deze snelheid bewerkt echter, dat een meetketting, die langs den rand gelegd wordt, een Lorentz-verkorting ondergaat, dus k maal zoo kort wordt $\left(k = 1 : \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\right)$; onze waarnemer krijgt dus als uitslag van zijn meting niet $2\pi a$, maar $2\pi a \times k$; hij vindt voor de verhouding van omtrek tot middellijn niet $\pi = 3,14\ldots$, maar $k \times \pi$, dus een getal *grooter* dan π. Onze waarnemer komt zoodoende tot de ontdekking dat onze planimetrie niet deugt, althans niet voor hem. Hoe dit te verklaren? Twee verklaringsmethoden dringen zich op:

1° òf onze planimetrie is niet algemeen geldig,

2° òf onze planimetrie is wèl algemeen geldig, maar de waarnemer verwacht *ten onrechte* een uitslag der meting overeenkomstig de planimetrie, omdat de vlak gewaande vloer inderdaad *niet vlak* is.

We zullen eerst de laatste mogelijkheid bespreken.

De waarnemer heeft, nemen we aan, eerst geconstateerd, dat elk punt van den omtrek denzelfden afstand a heeft van het punt M, waar de as van den molen den vloer treft. Liggen de punten van den rand dan al niet op een cirkelomtrek, zoo liggen ze toch in elk geval op een boloppervlak met M als middelpunt en a tot straal. Dat de omtrek van den rand niet $2\pi a$, maar méer bedraagt, is gemakkelijk te verklaren door te onderstellen, dat de rand niet samenvalt met een grooten cirkel van den bol (den aequator), maar met een lijn, die zich om een grooten cirkel heenslingert (zie fig. 17). Verbindt men de punten van zulk een lijn met het middelpunt door rechte lijnen, dan onstaat een oppervlak van zadelvormige gedaante (zie fig. 18). De waarnemer zal dus zijn geloof in onze planimetrie kunnen behouden, maar dan tot het besluit moeten komen, dat de vloer, die in rust vlak was, door de draaiing gebogen wordt en een zadelvorm krijgt.

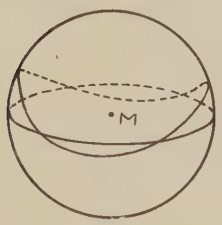


FIG. 17.

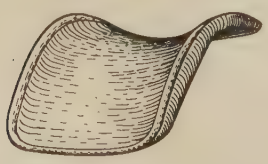


FIG. 18.

Nu de andere mogelijkheid.

De man op den molen kan onze planimetrie (en stereometrie) voor ongeldig verklaren. Hoe vreemd dit moge schijnen, daartoe heeft hij het volste recht. Onze meetkundige stellingen toch berusten in laatste instantie op een stel axioma's, die wel zeer aannemelijk zijn, wel groote praktische waarde hebben voor onze natuurbeschrijving, maar allerminst onaantastbaar zijn. Het verwerpen van onze meetkunde komt dus neer op de, op zichzelf volkomen gerechtvaardigde, verloochening van een of meer axioma's.

Eén axioma moet het in 't bijzonder ontgelden, nl. het axioma der evenwijdige lijnen (z.g. postulaat van EUCLIDES). Dit axioma beweert, dat door een punt P buiten een lijn l één en slechts één lijn gaat, die, hoewel met l in één vlak liggend, l *niet snijdt*. Deze éene lijn door P heet dan *evenwijdig* met l. Onze planimetrie, welke op dit axioma steunt, heet naar den Griekschen wiskundige EUCLIDES (ong. 300 v. Chr.), die haar 't eerst als een stelsel heeft opgebouwd, de *Euclidische* meetkunde. Een van de stellingen, die onmiddellijk uit dit axioma voortvloeien, is dat de som van de hoeken van een driehoek gelijk is aan een gestrekten hoek.

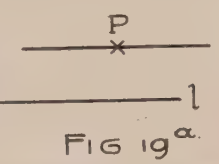


FIG 19a.

Wanneer we het genoemde axioma der evenwijdige lijnen laten vallen, moeten we er natuurlijk een ander voor in de plaats stellen. We kunnen dan twee kanten uit:

I. We kunnen aannemen, dat door een punt P *verscheidene* lijnen gaan, die, hoewel met l in één vlak liggend, l *niet snijden*. Deze onderstelling is voor 't eerst volledig uitgewerkt door de Hongaarsche wiskundigen WOLFGANG en JOHANN BOLYAI en door den Russischen wiskundige LOBATSCHEWSKY, en wel ongeveer gelijktijdig (1829 en 1830). De „*niet-Euclidische*" meetkunde, die op dezen grondslag verrees, heet in den regel naar LOBATSCHEWSKY; ze wordt ook wel *hyperbolische* meetkunde genoemd.

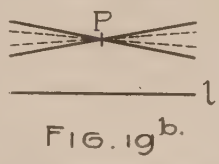


FIG. 19b.

II. We kunnen aannemen, dat door een punt P *geen enkele* lijn gaat, die, hoewel met l in één vlak liggend, l *niet snijdt*.

Deze opvatting voert tot de z.g. *elliptische* niet-Euclidische

meetkunde, ook wel genoemd naar den Duitschen wiskundige RIEMANN, die in 1854 de aandacht op haar bestaansmogelijkheid vestigde.

Deze laatste niet-Euclidische meetkunde toont groote verwantschap met de meetkunde op den *bol*. Wanneer we in alle stellingen van de bolmeetkunde de groote cirkels of *geodetische lijnen* (d. z. lijnen van kortste verbinding tusschen twee punten) vertalen door rechte lijnen in 't platte vlak, krijgen we een meetkunde zooals die volgt uit het axioma van RIEMANN. Evenals bij een boldriehoek is bij een rechtlijnigen driehoek van RIEMANN de som der hoeken *grooter* dan een gestrekte hoek.

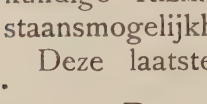


FIG. 19c.

De hyperbolische meetkunde is analoog met de meetkunde op een ander oppervlak, de z.g. *pseudosfeer* (zie fig. 20), dat in elk punt zadelvormig is. In de pseudosferische meetkunde zijn de geodetische lijnen aan dezelfde wetten onderworpen als de rechte lijnen in de meetkunde van LOBATSCHEWSKY. De som der hoeken van een driehoek is hier *kleiner* dan een gestrekte hoek.

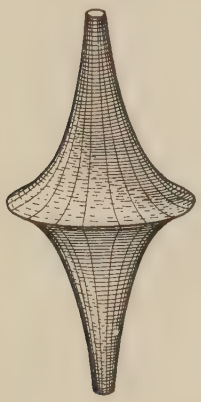


FIG. 20.

Onze gewone meetkunde heet, behalve „Euclidische", ook wel „*parabolische*" meetkunde.

Trekt men dus de waarheid van onze planimetrie in twijfel, dan kan men òf twijfelen aan het recht om zich überhaupt van *vlakke* meetkunde te bedienen, òf de planimetrie wijzigen, hetzij in den zin van RIEMANN, hetzij in dien van LOBATSCHEWSKY.

Men kan de betrekkelijke geldigheid van onze Euclidische meetkunde ook door een denkbeeldige, maar geenszins logisch-onmogelijke proef toelichten.

Op een tafel worden om een punt O heen 5 aan elkaar grenzende gelijkzijdige driehoeken geconstrueerd, door onderling gelijke staafjes aan elkaar te laten sluiten ($OA = OB = OC = OD = OE = OF = AB = BC = CD = DE = EF$, zie fig. 21a). Als onze meetkunde waar is, zal blijken, dat de verbindingslijn der punten A en F *even lang* is als de staafjes, zoodat de driehoek OAF eveneens gelijkzijdig is. Tegelijk is dan daarmee geconstateerd, dat

de som van de hoeken van een driehoek 180° bedraagt. Immers uit de symmetrie volgt, dat in een gelijkzijdigen driehoek alle hoeken even groot zijn, dus ieder $^1/_3$ van de hoekensom. Daar nu om O heen 6 gelijkzijdige driehoeken liggen, vormen de 6 hoeken om O samen 2 maal de hoekensom, zoodat de hoekensom gelijk is aan een gestrekten hoek.

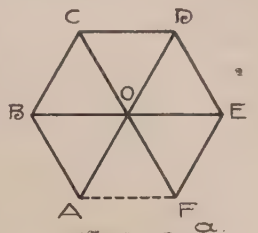


FIG. 21a.

Laten we nu eens aannemen, dat de tafel verwarmd wordt, maar gemaakt is van materiaal, dat bijna niet door verwarming uitzet; dat daarentegen de staafjes een grooten uitzettingscoëfficient hebben en bovendien de temperatuur van de tafel spoedig overnemen.

We onderstellen dan eerst, dat de temperatuur in O het *laagst* is en om O heen regelmatig toeneemt.

De dwarsstaafjes AB, BC, CD, DE, EF, die gemiddeld op een warmer gebied liggen dan de straalstaafjes $OA, \ldots, OF$, zullen zoodoende langer worden dan deze laatste; de driehoeken worden in plaats van gelijkzijdig gelijkbeenig; hun basis wordt grooter dan de opstaande zijden en hun tophoek grooter dan hun basishoeken (zie fig. 21b). Daar de hoekensom 180° is, zijn de tophoeken om O grooter dan 60°, tengevolge waarvan $\angle AOF$ kleiner is dan 60°.

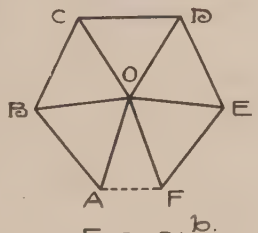


FIG. 21b.

Zoo althans verklaren wij, die aan onze planimetrie vasthouden en de oorzaak der vormverandering kennen, het feit dat de afstand AF kleiner is dan de staaflengte en dat zoodoende de sluiting *onmogelijk* is.

Hoe zal echter iemand, die van de temperatuurverschillen en de daarmee samenhangende uitzettingen van de staven niets bemerkt, de sluitingsfout verklaren? Voor hem, die zich met zijn meetstaven overal onmiddellijk aan de temperatuur aanpast, zijn alle driehoeken nog steeds gelijkzijdig, dus alle hoeken om O nog altijd gelijk aan $^1/_3$ van de hoekensom. Daar hij echter constateert, dat 6 hoeken om O, d. i. 2 maal de hoekensom, meer dan twee gestrekte hoeken vormen, is zijn conclusie, dat de hoekensom *grooter* is dan een gestrekte hoek. Zijn „natuur" wordt

het eenvoudigst beschreven in de niet-Euclidische meetkunde van RIEMANN, in de elliptische meetkunde. Wil hij echter de Euclidische meetkunde handhaven, dan kan hij zich redden door aan te nemen, dat de tafel niet vlak maar gebogen is, en wel bolvormig, zoodat de 5 gelijkzijdige driehoeken naar elkaar toekomen op de wijze als dat geschiedt bij 't vouwen van een regelmatige 5-zijdige pyramide.

Onderstellen we aan den anderen kant, dat de temperatuur in O het *hoogst* is en om O heen regelmatig afneemt, dan worden voor ons de dwarsstaafjes kleiner dan de straalstaafjes, de tophoeken om O kleiner dan 60° en dus $\angle AOF$ grooter dan 60° (zie fig. 21c).

Zoo verklaren *wij* dan het feit, dat AF grooter is dan de staaflengte en dat ook hier de sluiting mislukt.

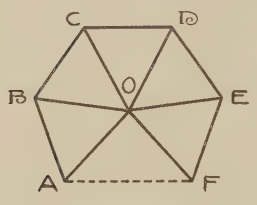


FIG. 21c.

Hij echter, wiens meetstaven zich bij alle temperaturen onmiddellijk precies eender gedragen als de driehoekszijden, verklaart nog steeds alle driehoeken voor gelijkzijdig. Voor hem is het dubbele van de hoekensom kleiner dan twee gestrekte hoeken, dus de hoekensom kleiner dan een gestrekte hoek. Hij kan van de sluitingsfout slechts rekenschap geven door zich te plaatsen op het standpunt van LOBATSCHEWSKY; voor hem is de niet-Euclidische hyperbolische meetkunde de meest „natuurlijke".

Alleen dáardoor zou hij aan de parabolische (Euclidische) meetkunde kunnen vasthouden, dat hij de tafel, in plaats van vlak, gebogen aannam en wel zadelvormig.

Wanneer echter een welving van het vlak om andere redenen minder aannemelijk is, bijv. omdat bij de welving de richtingen om O ongelijkwaardig worden, is de eenig mogelijke uitweg de niet-Euclidische meetkunde.

Hiermee is door een natuurkundig voorbeeld opgehelderd in hoe hooge mate onze meetkundige grondbegrippen afhankelijk zijn van onze natuurkundige ervaring, zoodat we niet den minsten aanstoot behoeven te nemen aan het prijsgeven van onze z.g. „beproefde" meetkunde, wanneer we daarmee bereiken, dat ons natuurbeeld aan eenheid van conceptie wint.

VII. HET ALGEMEENE RELATIVITEITSBEGINSEL.

Thans is het oogenblik gekomen voor het algemeene relativiteitsbeginsel.

Terwijl het bijzondere relativiteitsbeginsel verlangt, dat de natuurverschijnselen onafhankelijk zijn van een eventueele eenparige snelheid t.o. van den aether, dat dus de vormen der natuurwetten onveranderd blijven, wanneer men aan de omgeving, t.o. waarvan ze gelden, een eenparig-rechtlijnige beweging meedeelt, zoo eischt het algemeene relativiteitsbeginsel, dat de natuurwetten hun vorm behouden, *welken* bewegingstoestand de omgeving, t.o. waarvan ze gelden, ook moge hebben. Terwijl vroeger bij het bijzondere relativiteitsbeginsel de wetten, die t.o. van een bepaalde omgeving („coördinaatstelsel") golden, hun geldigheid verloren, zoodra die omgeving een versnelling onderging, zoo zal nu het algemeene relativiteitsbeginsel de natuurwetten in een wiskundigen vorm brengen, die bestand is tegen elke versnelling van het coördinaatstelsel.

In het vorige hoofdstuk leerde ons reeds het aequivalentiebeginsel, dat het aanbrengen of wegnemen van een versnelling verklaard kon worden als een verandering van het gravitatieveld, dat men m. a. w. aan elk coördinaatstelsel een willekeurigen bewegingstoestand kan geven, mits men tevens het behoorlijke gravitatieveld invoert. Een theorie, die elken bewegingstoestand relatief maakt, die dus willekeurige wijzigingen in den bewegingstoestand aanbrengt, zal krachtens dat aequivalentiebeginsel ook het gravitatieveld op willekeurige wijze vervormen. Het algemeene relativiteitsbeginsel zal zoodoende op het wezen der gravitatie een zeer bijzonder licht werpen, en ons inzicht in deze geheimzinnige natuurkracht verdiepen.

A. MEETKUNDIGE VOORBEREIDING.

Om tot die gedaante van de natuurwetten te geraken, die onafhankelijk is van den bewegingstoestand van het coördinaatstelsel, zullen we onze aandacht weer wijden aan het wereld-vlak (lengte-tijd-vlak), waarop de geschiedenis van een éendimensionale ruimte (rechte lijn) grafisch wordt voorgesteld, en waarin de wereldlijnen de geschiedenis van rustende of zich bewegende punten afbeelden. Elke

mechanica heeft haar eigen coördinatentransformatie, welke laatste zich grafisch afspiegelt in een vervorming van het coördinaten-netwerk der rustlijnen en gelijktijdigheidslijnen.

Tot dusver hebben we kennis gemaakt met het diagram der klassieke mechanica en met dat van het bijzondere relativiteitsbeginsel. In beide diagrammen werd de (rechtlijnige) eenparige beweging afgebeeld door de rechte wereldlijn. Teneinde onze uitkomst later algemeener te kunnen formuleeren, zullen we deze *rechte* wereldlijn bepaaldelijk beschouwen in haar hoedanigheid van kortste verbindingslijn tusschen twee harer punten, of *geodetische lijn*. Men kan dus zeggen: in 't platte lengte-tijd-vlak zijn de wereldlijnen der (rechtlijnige) eenparige beweging geodetische lijnen.

De vergelijkingen van deze wereldlijnen waren van den eersten graad, dus van den vorm $Ax + Bt + C = 0$, waarin A, B, C constant zijn, d.w.z. onafhankelijk van x en t. We hebben reeds gezien, dat de betrekking van dezelfde gedaante blijft (alleen met andere coëfficienten), wanneer we, in plaats van de rechthoekige coördinaten x, t behoorende bij het vierkanten-netwerk, ons bedienen van de scheefhoekige coördinaten x', t', hetzij behoorende bij het parallellogrammen-netwerk der klassieke mechanica, hetzij behoorende bij het ruiten-netwerk van het bijzondere relativiteitsbeginsel.

De plaats van een punt in het vlak kan echter op nog tallooze andere manieren door een getallenpaar worden aangegeven.

Men kan bijv. de ligging van het punt P beschrijven door aan te geven hoe groot zijn afstand is tot een vast punt M, en welken hoek de lijn MP met een gegeven richting ML maakt. Deze afstand $MP = x'$ en de hoek $LMP = t'$ heeten de „poolcoördinaten" van P; in 't bijzonder heet x' de „voerstraal" en t' het „argument" van P. Ook het hier vermelde stelsel van poolcoördinaten geeft het aanzijn aan een coördinaten-netwerk, en wel bestaande uit de lijnen waarvoor x' constant is — dat zijn de cirkels met M als mid-

FIG. 22.

delpunt —, en de lijnen waarvoor t' constant is — dat zijn de rechte lijnen door M (zie fig. 22).

Kiest men voor het vaste punt M het punt O, welks rechthoekige coördinaten zijn $x = 0$, $t = 0$, en voor de beginrichting ML door M de oude t—as ($x = 0$), dan bestaan tusschen de coördinaten x, t eenerzijds en de coördinaten x', t' anderzijds de betrekkingen

$$t = x' \cos t' \quad , \quad x = x' \sin t', \tag{9}$$

en de vergelijking $Ax + Bt + C = 0$ gaat dan over in $Ax' \sin t' + Bx' \cos t' + C = 0$; ze is derhalve in x' en t' *niet* van den eersten graad (in welk geval ze zou moeten zijn van den vorm $A'x' + B't' + C' = 0$).

Naast dit eene voorbeeld zou men nog ontelbaar veel coördinaatstelsels kunnen noemen; bij elk coördinaatstelsel behoort een coördinaten-netwerk bestaande uit twee lijnenstelsels. Van een lijn van 't eene lijnenstelsel hebben alle punten dezelfde waarde van x', terwijl alle punten van een lijn van 't andere stelsel de waarde van t' gemeen hebben. De waarden van x' en t', die bij een bepaald punt behooren, zullen bij elk coördinaatstelsel volgens een zekere wet sa-

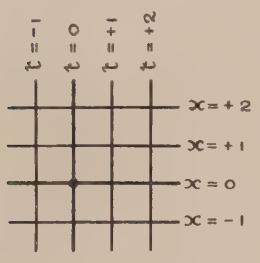


FIG. 23 a.

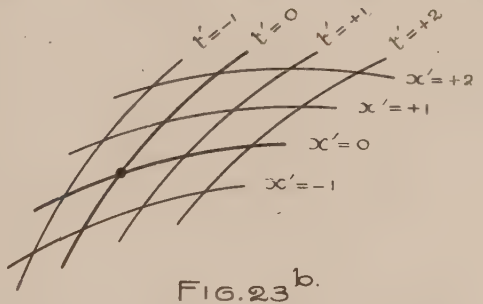


FIG. 23 b.

menhangen met de waarden, die de rechthoekige coördinaten x, t in dat punt hebben, en omgekeerd zal men x en t uit de transformatieformules moeten kunnen berekenen, zoodra x' en t' gegeven zijn (zie fig. 23 a en b.).

Ook uitdrukkingen, waarin *verschillen* van coördinaten optreden, zullen door de transformatiebetrekkingen omgezet worden in verwante uitdrukkingen, waarin de verschillen der nieuwe coördinaten voorkomen; in 't bijzonder denken we hierbij aan oneindig kleine verschillen, „differentialen", waarvan de wetten eenvoudiger zijn dan die der eindige verschillen.

We leerden reeds in Hoofdstuk IV een dergelijke differentiaaluitdrukking kennen, n.l. $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$; deze vertoonde de eigenaardigheid, dat ze haar vorm behield, als we door de transformatieformules van het bijzondere relativiteitsbeginsel de coördinaten x, t deden overgaan in x', t'. Deze bijzondere gedaante verdwijnt echter onmiddellijk, zoodra men een andere transformatie toegepast. Zoo geeft bijv. de transformatie der klassieke mechanica (Ia): $dx = dx' + v.dt'$, $dt = dt'$:

$$dt^2 - dx^2 = dt'^2 - (dx' + v.dt')^2 = (1 - v)^2.dt'^2 - 2\,v.dt'.dx' - dx'^2,$$

een uitdrukking, die geheel verschilt van de oorspronkelijke.

Naast den differentiaalvorm $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ willen we in 't bijzonder beschouwen de uitdrukking

$$d\sigma^2 = dt^2 + dx^2, \qquad (10)$$

die hiermee nauw verwant is en van groot belang wegens haar meetkundige beteekenis.

Deze uitdrukking is ontstaan uit den eindigen vorm

$$(t_1 - t)^2 + (x_1 - x)^2.$$

Zijn x en t de rechthoekige coördinaten van het vierkanten-netwerk, en behooren x, t bij een punt P en x_1, t_1 bij een punt P_1, dan stelt de genoemde uitdrukking blijkbaar voor: de tweede macht van den afstand PP_1 der beschouwde punten P en P_1.

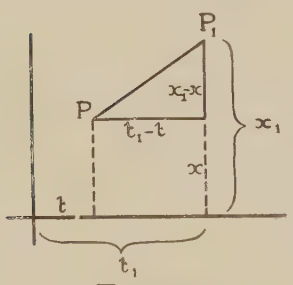


FIG. 24.

Neemt men nu P_1 oneindig dicht bij P, dan gaan de eindige coördinaatverschillen over in differentialen, zoodat de differentiaal

$$d\sigma = \sqrt{dt^2 + dx^2}$$

de beteekenis krijgt van den oneindig kleinen afstand tusschen P en P_1. Zulk een oneindig kleine afstand heet „lijnelement". Daar de lengte van elken boog, hoe ook gekromd, beschouwd kan worden als te zijn opgebouwd uit een oneindig aantal van dergelijke lijnelementen, is het niet te verwonderen, dat dit lijnelement (of „boogelement") tot de allerbelangrijkste wiskundige begrippen behoort.

Onderwerpt men de coördinaten x en t aan de bijzondere transformatie:

$$t = t',\ x = x'.\sqrt{-1},$$

dan gaat daarmee gepaard

$$dt = dt',\ dx = dx'.\sqrt{-1},$$

met het gevolg dat

$$d\sigma^2 = dt^2 + dx^2 = dt'^2 - dx'^2.$$

Deze transformatie toont aan, hoe innig de samenhang tusschen beide differentiaalvormen is. Men zou dus kunnen volstaan met de studie van één der beide vormen, ware 't niet, dat er, uit het oogpunt van de meetkundige voorstelling, een onoverbrugbare afgrond tusschen beide vormen gaapt; de brug toch, die dezen afgrond heet te overspannen, is slechts denkbeeldig, de verbindende transformatie is *imaginair;* van hoeveel waarde ook voor de analytische behandeling, voor de meetkundige beschrijving is ze ongeschikt.

We zullen dus die beide differentiaalvormen afzonderlijk houden, maar ons voor de analytische eigenschappen van dt^2 beroepen op die van $d\sigma^2$.

In de eerste plaats zullen we stilstaan bij de verschillende gedaante, die het kwadraat van 't lijnelement kan aannemen, wanneer we van de rechthoekige „rechtlijnige" coördinaten x, t overgaan op „scheefhoekige" en „kromlijnige" coördinaten x', t', d. w. z. op coördinaten, waarvan 't netwerk scheefhoekig of kromlijnig of beide is.

Als voorbeeld kiezen we eerst de scheefhoekige rechtlijnige coördinaten x', t' van de klassieke mechanica; we passen dus de transformatie (Ia) toe: $dx = dx' + v.dt'$, $dt = dt'$; er komt dan

$$dt^2 + dx^2 = dt'^2 + (dx' + v.dt')^2 = (1 + v^2).dt'^2 + 2\,v.dt'.dx' + dx'^2,$$

zoodat de uitdrukking (10) overgaat in de anders gebouwde uitdrukking

$$d\sigma'^2 = (1 + v^2).dt'^2 + 2\,v.dt'.dx' + dx'^2. \qquad (10')$$

Het verschil met $d\sigma^2$ bestaat in de eerste plaats in de aanwezigheid van een term met het product $dt'.\,dx'$ en in de tweede plaats in de onderlinge ongelijkheid der coëfficienten. Toch komt $d\sigma'^2$ daarin met $d\sigma^2$ overeen, dat alle coëfficienten constant zijn, d. w. z. onafhankelijk van de coördinaten x', t' van het punt, waar 't lijnelement gelegen is.

Als tweede voorbeeld nemen we de scheefhoekige recht-

lijnige coördinaten x', t' van het bijzondere relativiteitsbeginsel; we voeren dus de transformatie (II'a) uit: $dx = k\,(dx' + v.dt')$, $dt = k\,(dt' + v.dx')$ en vinden dan

$$dt^2 + dx^2 = k^2\,(dt' + v.dx')^2 + k^2\,(dx' + v.dt')^2 = \\ = k^2\,(1 + v^2).\,dt'^2 + 4\,k^2\,v.dt'.dx' + k^2\,(1 + v^2).\,dx'^2.$$

Ook hier heeft de vorm (10) van $d\sigma^2$ met den vorm

$$d\sigma'^2 = k^2\,(1 + v^2).\,dt'^2 + 4\,k^2\,v.dt'.dx' + k^2\,(1 + v^2).\,dx'^2 \quad (10'')$$

gemeen, dat de coëfficienten constant zijn, terwijl de afwijking bestaat in de waarde der coëfficienten.

Ons derde voorbeeld zij ontleend aan de (rechthoekige, kromlijnige) poolcoördinaten. Terwijl de analytische berekening van den differentiaalvorm $d\sigma'^2$ uit de transformatieformules (9): $t = x'\cos t'$, $x = x'\sin t'$ eenige wiskundige voorbereiding zou vereischen en dus ons betoog te veel op zijpaden zou brengen, kunnen we hier betrekkelijk eenvoudig den gezochten differentiaalvorm onmiddellijk afleiden.

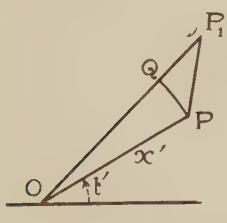


FIG. 25.

We beschouwen daartoe als boven twee punten P en P_1; deze verschillen in 't algemeen zoowel in de waarde van den voerstraal x' als in de waarde van het argument t'. De cirkel door P om O moge OP_1 snijden in Q (zie fig. 25); dan is $QP_1 = x'_1 - x'$; verder is $\angle POP_1 = t'_1 - t'$. De boog PQ van den cirkel is gelijk aan het product van den straal $OP = x'$ en den hoek $\angle POP_1$ wanneer deze gemeten wordt in *radialen* (1 radiaal $= \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ 17' 44'',8..$). Nemen we dus (ook in 't vervolg steeds) aan, dat t' in radialen is uitgedrukt, dan geldt voor den boog PQ

$$PQ = x' \times (t'_1 - t').$$

Hoe dichter P_1 bij P wordt gekozen, des te kleiner worden de verschillen $x'_1 - x'$ en $t'_1 - t'$; bovendien nadert de boog PQ hoe langer hoe meer tot een *recht* lijntje, dat loodrecht staat op QP_1. Ten slotte, wanneer P_1 oneindig dicht bij P is gekomen, zullen de lijnen $PQ = x'.dt'$ en $QP_1 = dx'$ de rechthoekszijden zijn van een rechthoekigen driehoek, waarin dan het lijnelement $PP_1 = d\sigma'$ zal zijn de hypotenusa. Men heeft dan

$$PP_1^2 = PQ^2 + QP_1^2$$

of

$$d\sigma'^2 = x'^2.dt'^2 + dx'^2.$$

Deze uitdrukking komt met $d\sigma^2$ overeen in de afwezigheid van een term met $dt'.dx'$; ze verschilt echter van $d\sigma^2$ daarin, dat de coëfficient van dt'^2, n.l. x'^2, *niet constant* is, maar afhangt van x', d.i. van de waarde van een der coördinaten van het punt P, dus van de ligging van dat punt.

We kunnen nu gemakkelijk voorspellen, hoe de vorm $d\sigma'^2$ er uit moet zien, wanneer we $d\sigma^2$ aan de meest algemeene transformatie onderwerpen.

1°. Er zullen drie termen zijn, één met dt'^2, één met $dt'.dx'$ en één met dx'^2; noemen we de coëfficienten resp. E, $2F$, G, dan verwachten we

$$d\sigma'^2 = E.dt'^2 + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2. \qquad \text{(10bis)}$$

2°. De coëfficienten E, F en G zullen in 't algemeen *niet constant* zijn, maar integendeel afhankelijk zijn van de coördinaten x', t' van het punt waar het lijnelement gelegen is; in de wiskunde zegt men: E, F en G zijn „functies" van x' en t', die in bijzondere gevallen constant, en dus ook wel eens *nul* kunnen zijn.

Deze laatste uitspraak aangaande de transformatie van den differentiaalvorm (10) ($d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$) geldt, mutatis mutandis, evenzeer voor den vorm (8'): $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$.

Een willekeurige coördinatentransformatie $x, t \rightarrow x', t'$ doet $d\tau = dt^2 - dx^2$ overgaan in een uitdrukking van de gedaante

$$d\tau'^2 = P.dt'^2 + 2Q.dt'.dx' + R.dx'^2, \qquad \text{(8bis)}$$

waarin P, Q en R „functies" zijn van x' en t' (afhangen van x' en t').

In verband met hetgeen we over het algemeene relativiteitsbeginsel hebben mee te deelen zullen we allereerst deze vraag stellen:

Kunnen P, Q en R *alle mogelijke* functies zijn van x' en t', d. w. z. op de meest willekeurige wijze van x' en t' afhangen?

Hiermee bedoelen we:

Zal er bij elke uitdrukking (8bis) voor $d\tau'^2$, hoe P, Q en R er ook uitzien, een coördinatentransformatie behooren,

die $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ in die gegeven uitdrukking $d\tau'^2$ omzet?

Of, als we de transformatie in omgekeerden zin toepassen, en overgaan van x', t' op x, t:

Zal *elke uitdrukking* (8bis) door een zekere transformatie $x', t' \rightarrow x, t$ kunnen omgezet worden in de uitdrukking (8'): $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$?

Zoo niet, wèlke uitdrukkingen $d\tau'^2$ dan wèl?

Deze vraag zal zijn beantwoord, wanneer we bescheid weten op de hiermee bijna gelijkwaardige vraag:

Zal *elke* uitdrukking (10bis): $d\sigma'^2 = E.dt'^2 + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2$, waarin E, F en G *willekeurige* functies zijn van x' en t', door een zekere transformatie $x', t' \rightarrow x, t$ kunnen overgaan in de gedaante: $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$, en zoo niet, welke differentiaalvormen $d\sigma'^2$ komen dan wèl voor deze gedaanteverwisseling in aanmerking?

We kunnen dit probleem nòg anders inkleeden:

Kan men altijd de veranderlijken x' en t' zoodanig als coördinaten *in het platte vlak* interpreteeren, dat de differentiaalvorm (10bis): $d\sigma'^2 = E.dt'^2 + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2$ (E, F, G functies van x' en t') het kwadraat van het lijnelement in het punt x', t' voorstelt, hoe die functies E, F, G ook gebouwd zijn?

Bij de beantwoording zullen we nagaan of een zekere differentiaalvorm $d\sigma'^2$, als ze het lijnelement in het platte vlak voorstelt (d. w. z. àls ze herleidbaar is tot $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$) ook misschien op *gebogen* oppervlakken de beteekenis van „kwadraat van 't lijnelement" houdt. Dit zal het geval zijn, mits er *gebogen* oppervlakken bestaan, die zóo uit een plat vlak kunnen worden gevormd, dat overal het lijnelement ongerept wordt gelaten. Het is duidelijk, dat het gebogen oppervlak dan moet kunnen ontstaan door *verbuiging* van het platte vlak *zonder scheuren of plooien*. Bij zulk een verbuiging behouden alle lengten en hoeken in de op 't vlak geteekende figuren hun oorspronkelijke grootte; het eenige verschil is, dat de lijnen niet meer recht en de hoeken niet meer vlak zijn. Op zulk een uit een plat vlak door verbuiging verkregen oppervlak geldt precies dezelfde meetkunde als op een plat vlak, met dien verstande dat de rechte lijnen van het platte vlak in hun hoedanigheid van kortste verbindingslijnen overgaan in *geodetische lijnen* van het gebogen oppervlak. Wanneer we

dus op een plat vlak een zeker coördinaatstelsel x', t' hebben aangenomen, het lijnelement daarin hebben uitgedrukt en voor het kwadraat een zekere uitdrukking $d\sigma'^2 = E.dt'^2 + + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2$ hebben gevonden, dan zullen bij de verbuiging, al wordt ook het coördinaten-netwerk verbogen, de coördinaten x', t' hun beteekenis behouden, d. w. z.: een punt P met coördinaten x', t' zal terecht komen in een punt P', dat dezelfde waarden voor x' en t' heeft; en het punt P_1, welks afstand tot P $d\sigma'$ bedraagt, zal overgaan in een punt P_1' welks afstand tot P' precies hetzelfde bedrag $d\sigma'$ heeft.

Men kan dus zeggen, dat de hier beschouwde uitdrukking $d\sigma'^2$ bij geschikte keuze der coördinaten het kwadraat van het lijnelement voorstelt op elk gebogen oppervlak, dat uit een plat vlak ontstaat door verbuiging zonder scheuren of plooien. De oppervlakken, die met het platte vlak de hierboven beschreven verwantschap vertoonen, worden in de wiskunde in een enkele klasse samengevat onder den naam van „*ontwikkelbare oppervlakken*". Op een ontwikkelbaar oppervlak gelden dezelfde meetkundige stellingen als in het platte vlak, mits men de rechte lijnen geodetische lijnen noemt, enz. Elk ontwikkelbaar oppervlak heeft dezelfde „geografie" als het platte vlak. Voorbeelden van ontwikkelbare oppervlakken zijn: de kegel, de cylinder en verder elk oppervlak dat men door 't ombuigen van een stuk papier kan verkrijgen.

De uitdrukking (10): $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$ kan door alle mogelijke coördinatentransformaties $x,\ t \rightarrow x',\ t'$ omgezet worden in allerlei uitdrukkingen van de gedaante (10bis): $d\sigma'^2 = E.dt'^2 + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2$, waarin E, F, G op zeer verschillende wijzen van x' en t' kunnen afhangen; en alle zoo verkrijgbare differentiaalvormen $d\sigma'^2$ zijn gemeenschappelijk bezit van alle ontwikkelbare oppervlakken.

Aan den eenen kant hebben de ontwikkelbare oppervlakken de eigenschap, dat al hun differentiaalvormen (10bis) voor het kwadraat van 't lijnelement door coördinatentransformatie te herleiden zijn tot (10): $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$. Aan den anderen kant kan men de ontwikkelbare oppervlakken daaraan herkennen, dat hun geodetische lijnen door verbuiging alle tegelijk *recht* kunnen gemaakt worden (in welk geval het oppervlak in een plat vlak is overgegaan).

De ontwikkelbare oppervlakken vormen echter slechts een zeer bijzondere klasse. In 't algemeen zal men een gegeven oppervlak *niet* zonder scheuren of plooien tot een plat vlak kunnen verbuigen. Een bol bijv. is niet ontwikkelbaar, d.w.z. niet verbuigbaar tot een plat vlak. De meetkunde van den bol is een andere dan die van 't platte vlak (men denke aan het verschil tusschen boldriehoeksmeting en vlakke driehoeksmeting). De geografie op den bol verschilt van die in 't platte vlak (hetgeen o.a. verklaart waarom 't onmogelijk is een landkaart geheel zuiver op een plat vlak te teekenen). Een zadelvormig oppervlak (bijv. de pseudosfeer) is evenmin ontwikkelbaar.

Ook op een niet-ontwikkelbaar oppervlak wordt de ligging van een punt door twee kenmerkende getallen (coördinaten) x', t' aangewezen. Punten, die de waarde van x' gemeen hebben, liggen samen op een zekere lijn; ook die punten, die eenzelfde waarde van t' hebben, worden door een zekere lijn verbonden. De lijnen, waarlangs x' constant is, en de lijnen, waarlangs t' constant is, vormen samen het coördinaten-netwerk. Het kwadraat van het lijnelement zal ook hier voorgesteld worden door een differentiaalvorm van de gedaante (10 bis): $d\sigma'^2 = E.dt'^2 + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2$. *Maar deze vorm $d\sigma'^2$ zal niet door coördinatentransformatie in de gedaante $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$ kunnen overgaan.*

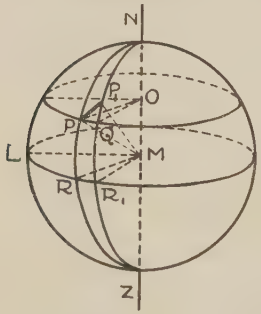


FIG. 26.

Beschouwen we als voorbeeld den bol en daarop twee punten P en P_1.

Bedienen we ons van geografische namen voor de coördinaten, dan kunnen we $\angle\ RMP = x'$ de „breedte" van P en $\angle\ LMR = t'$ de „lengte" van P noemen. Evenzoo is $\angle\ R_1MP_1 = x'_1$ de breedte van P_1 en $\angle\ LMR_1 = t'_1$ de lengte van P_1 (zie fig. 26).

Het lengteverschil van P en P_1 is $\angle\ RMR_1 = \angle\ POQ = t'_1 - t'$; het breedteverschil is $\angle\ R_1MP_1 - \angle\ RMP = \angle\ R_1MP_1 - \angle\ R_1MQ = \angle\ QMP_1 = x'_1 - x'$.

Denken we ons alle hoeken uitgedrukt in radialen en duiden we den straal van den bol aan met r, dan hebben we:

$\cup\ QP_1 = r(x'_1 - x')$, $\cup\ PQ = OP \times (t'_1 - t') = r.\cos x'.(t'_1 - t')$.

Nemen we nu P_1 hoe langer hoe dichter bij P aan,

dan worden eindelijk QP_1 en PQ rechthoekszijden van een rechthoekigen driehoek, welks hypotenusa PP_1 het gezochte lijnelement is. Men heeft dan

$$QP_1 = r.dx' \quad , \quad PQ = r.\cos x'.dt'$$

en

$$PP_1^2 = PQ^2 + QP_1^2 = r^2.\cos^2 x'.dt'^2 + r^2.dx'^2$$

dus

$$d\sigma'^2 = r^2(\cos^2 x'.dt'^2 + dx'^2). \qquad (10^{IV}).$$

Ziehier een differentiaaluitdrukking voor het kwadraat van 't lijnelement, die door geen enkele coördinatentransformatie kan overgaan in $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$.

Ook de hier beschouwde uitdrukking (10^{IV}) voor het kwadraat van 't lijnelement kan door alle mogelijke coördinatentransformaties tallooze gedaanten aannemen, alle vallende onder het standaardtype (10^{bis}), maar onder al de hier mogelijke uitdrukkingen $d\sigma'^2$ is er *geen enkel*, die ook behoort tot de ontwikkelbare oppervlakken.

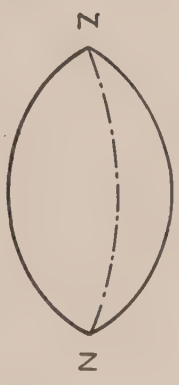


FIG. 27.

De bol heeft dus een eigen klasse van vormen $d\sigma'^2$, die geen enkelen vorm gemeen heeft met de klasse der ontwikkelbare oppervlakken.

Ook uit den bol kunnen door verbuiging zonder scheuren of plooien tallooze oppervlakken ontstaan. Men kan bijv. den bol langs den halven meridiaan ZN opensnijden en het oppervlak zóo over zichzelf schuiven, dat het een spoelvormig model krijgt (zie fig. 27), waarbij dan de omwentelingsas langer is geworden dan de bolmiddellijn, terwijl de straal van den aequator kleiner is dan de straal van den bol.

Alle oppervlakken, die door verbuiging uit den bol zijn voortgekomen, die, zooals men in de wiskunde zegt, op den bol „afwikkelbaar" zijn, hebben met den bol de klasse der vormen $d\sigma'^2$ gemeen.

Op den bol zijn de geodetische lijnen de groote cirkels; deze blijven bij afwikkeling geodetische lijnen.

Dat $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$ *niet* op den bol thuis behoort, vindt zijn pendant in de stelling, dat er geen enkel op den bol afwikkelbaar oppervlak bestaat, waarop de (uit de groote cirkels voortgekomen) geodetische lijnen alle recht zijn.

Men kan op deze wijze alle oppervlakken in klassen indeelen; men plaatst dan in eenzelfde klasse alle oppervlakken, die uit elkaar door verbuiging kunnen afgeleid worden (die op elkaar afwikkelbaar zijn). Elke klasse heeft dan haar eigen stel differentiaalvormen $d\sigma'^2$ voor het kwadraat van 't lijnelement.

De klasse der ontwikkelbare oppervlakken (waartoe het platte vlak behoort) is de eenige, die den vorm $d\sigma^2 = dt^2 + dx^2$ bezit.

Alle oppervlakken van dezelfde klasse hebben dezelfde meetkunde, dezelfde geografie: omgekeerd is de meetkunde op het oppervlak kenmerkend voor de klasse.

We hebben hierboven reeds besproken, dat de meetkunde op den bol ook geldt voor het platte vlak, wanneer men de hypothese van RIEMANN aanvaardt, dat elke lijn elke andere lijn snijdt. Door zich aldus te bedienen van de elliptische niet-Euclidische meetkunde kan men als 't ware het vlak met de eigenschappen van den bol toerusten. In 't bijzonder kan men, uitgaande van een elliptische niet-Euclidische definitie van *afstand*, de uitdrukking voor het lijnelement brengen in een der differentiaalvormen van de bolklasse. Evenzoo kan men met een hyperbolische niet-Euclidische definitie van afstand aan het lijnelement den vorm der pseudosfeerklasse meedeelen. Men kan dus een vorm $d\sigma'^2$ van de bolklasse beschouwen als kwadraat van 't lijnelement hetzij op den bol (beschreven in onze gewone Euclidische stereometrie), hetzij in het platte vlak (beschreven in de taal van de meetkunde van RIEMANN); en evenzoo een vorm $d\sigma'^2$ van de pseudosfeerklasse hetzij -- Euclidisch — op de pseudosfeer interpreteeren, hetzij — volgens LOBATSCHEWSKY — in het platte vlak.

Evenals een oppervlak in 't algemeen onregelmatiger krommingshoedanigheden heeft dan de bol of de pseudosfeer, zal ook de niet-Euclidische meetkunde, zoo algemeen mogelijk opgevat, grilliger van structuur zijn dan die, welke in 't bijzonder naar RIEMANN en LOBATSCHEWSKY wordt genoemd.

De Euclidische interpretatie op een gebogen oppervlak heeft het voordeel, dat wij, die ons eigenlijk alleen behaaglijk voelen in den Euclidischen gedachtengang, ons niet met moeilijk verwerkbare begrippen behoeven te kwellen;

daarentegen het nadeel, dat we als drager der *twee*-dimensionale figuren een oppervlak noodig hebben, voor de voorstelling waarvan wij de ruimte van *drie* afmetingen opeischen. Moge dit nadeel niet zoo zwaar wegen bij een twee-dimensionale ruimte-tijd-wereld, omdat wij nu eenmaal toch zoo volkomen met de ruimte van drie afmetingen vertrouwd zijn, bedenkelijk wordt het, als we een drie-dimensionale ruimte-tijd-wereld (met twee ruimte-afmetingen en één tijd-afmeting) moeten krommen; de wiskunde leert, dat we bij zulk een kromming in 't algemeen op *zes* afmetingen beslag leggen; en onze eigenlijke ruimte-tijd-wereld, die drie ruimte- en één tijd-afmeting heeft, zou bij een willekeurige kromming zelfs *tien* afmetingen verlangen. Niettemin zullen we ons vooralsnog aan de Euclidische opvatting houden.

Na al deze voorbereidende beschouwingen, waarvan de differentiaalvorm $d\sigma'^2 = E.dt'^2 + 2F.dt'.dx' + G.dx'^2$ het middelpunt was, gaan we over tot ons eigenlijke onderwerp: den differentiaalvorm $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ en zijn gedaanteverwisselingen.

Ten einde ons met de minste moeite op de zooeven bereikte resultaten te kunnen beroepen, zullen we een paar namen invoeren. Den vorm $d\tau$, welks kwadraat hier beschouwd wordt, zullen we „*pseudolijnelement*" noemen. Gaan we langs een zekere lijn van 't punt P_0 naar 't punt P_1, dan zullen we telkens een ander pseudolijnelement aantreffen; tellen we al de zoo verkregen pseudolijnelementen samen, zooals we, om de *lengte* te krijgen, de eigenlijke lijnelementen samenvoegen, dan krijgen we een som, die we de *pseudolengte* zullen noemen. Elke lijn door P_0 en P_1 heeft haar eigen pseudolengte, zooals ook elke lijn door P_0 en P_1 haar bijzondere eigenlijke lengte heeft. En evenals de kortste lijn door P_0 en P_1, d.i. de lijn, waarvoor de som der lijnelementen een minimum is, *geodetische* lijn heet, zal die lijn door P_0 en P_1, waarvoor de pseudolengte hetzij maximum hetzij minimum is, door den naam *pseudogeodetische lijn* aangeduid worden.

We hebben nu, krachtens de analytische gelijkwaardigheid der vormen $d\sigma^2$ en $d\tau^2$, onmiddellijk het recht tot de volgende uitspraken:

I. In het platte vlak zijn de pseudogeodetische lijnen *recht.*

II. In het platte vlak kan het kwadraat van 't pseudolijnelement $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ door de meest willekeurige coördinatentransformaties $x, t \rightarrow x', t'$ overgaan in een klasse van differentiaalvormen $d\tau'^2 = P.dt'^2 + 2Q.dt'.dx' + R.dx'^2$, die kenmerkend is voor alle ontwikkelbare oppervlakken en voor de Euclidische opvatting van het platte vlak.

III. De pseudogeodetische lijnen der ontwikkelbare oppervlakken kunnen door verbuiging alle tegelijk recht gemaakt worden.

IV. Het kwadraat van 't pseudolijnelement $d\tau'^2 = P.dt'^2 + 2Q.dt'.dx' + R.dx'^2$ op een ontwikkelbaar oppervlak kan steeds door een passende coördinatentransformatie tot den standaardvorm $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ herleid worden.

V. De differentiaalvorm $d\tau'^2$ voor het kwadraat van 't pseudolijnelement op een niet-ontwikkelbaar oppervlak (of — als men wil — van een niet-Euclidisch beschreven plat vlak) kan door geen enkele coördinatentransformatie in den standaardvorm $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ omgezet worden.

VI. Een bepaalde klasse van in elkaar transformeerbare vormen $d\tau'^2$ is onafscheidelijk verbonden aan een bepaalde klasse van op elkaar afwikkelbare oppervlakken (of — in de andere vertolking — aan een bepaalde niet-Euclidische meetkunde van het platte vlak).

B. NATUURKUNDIG VERVOLG.

De uitdrukking $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ voor het kwadraat van het pseudolijnelement ontleent haar bijzondere waarde aan haar standvastigheid tegenover de coördinatentransformatie van het bijzondere relativiteitsbeginsel. Ze is als 't ware het gemeenschappelijk bezit van alle coördinaatstelsels van het bijzondere relativiteitsbeginsel. Alle coördinaatstelsels van dit beginsel hebben ook met elkaar gemeen, dat ze de rechte wereldlijn door een vergelijking van den *eersten* graad in x en t (of in x' en t') beschrijven, dus door een vergelijking, die uitdrukt (zie het einde van Hoofdstuk IV) dat de beweging (rechtlijnig) eenparig is.

Het verband tusschen den vorm van het pseudolijnelement en de rechtheid van de wereldlijn der eenparige beweging komt het duidelijkst uit, wanneer we de rechte wereldlijn beschouwen in haar hoedanigheid van pseudo-

geodetische lijn, d.i. van de lijn waarvan de pseudolengte minimum of maximum is.

Wat gebeurt er nu als we een zekere coördinatentransformatie $x,\ t \rightarrow x',\ t'$ toepassen, die *niet* tot het bijzondere relativiteitsbeginsel behoort?

De vergelijking van de pseudogeodetische lijn houdt dan in 't algemeen [1]) op van den eersten graad te zijn. In de nieuwe coördinaten $x',\ t'$ stelt de pseudogeodetische lijn dus (in 't algemeen) niet meer een (rechtlijnig) eenparige beweging, maar integendeel een *versnelde* beweging voor. Bovendien verliest het kwadraat van het pseudolijn-element zijn eenvoudigste gedaante $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$.

Dezelfde bewegingen, die in 't stelsel $x,\ t$ eenparig heetten, worden in het stelsel $x',\ t'$ als versneld beschouwd en tevens heeft het kwadraat van het pseudolijnelement een vorm als $d\tau'^2 = P.dt'^2 + 2Q.dt'.dx' + R.dx'^2$, en wel een die behoort tot de klasse der ontwikkelbare oppervlakken (tot het Euclidische vlak).

De zoo ontstane versnellingen, die door transformatie van coördinaten zijn voortgebracht, onderscheiden zich natuurlijk voor waarnemers, die zich van de abscis x' en den tijd t' bedienen, in niets van elke andere versnelling, waarvan zij in *hun* natuurverklaring rekenschap moeten geven. Toch aarzelen wij, die de herkomst van die versnellingen kennen, geen oogenblik, die versnellingen subjectief te noemen. Volgens ons hebben de personen, die aan die versnellingen deelnemen, het volste recht zichzelf in rust te beschouwen. Zij hebben immers slechts hun coördinaten $x',\ t'$ om te zetten in de (voor ons oorspronkelijke) coördinaten $x,\ t$, om zichzelf en de door hen bepaalde omgeving eensklaps van al hun versnellingen te bevrijden.

Nu leert, zooals we zagen, het aequivalentiebeginsel, dat die waarnemers de verschijnselen, die met hun versnellingsveld samenhangen, even goed mogen toeschrijven aan de aanwezigheid van een gravitatieveld. Van de coördinatentransformatie $x,\ t \rightarrow x',\ t'$ kan men dus ook beweren, dat

[1]) Alleen de z.g. „projectieve" transformaties doen de rechte lijnen weer in rechte lijnen overgaan, terwijl ze, wanneer ze *niet* tot de transformaties van het bijzondere relativiteitsbeginsel behooren, den vorm $d\tau^2 = dt^2 - dx^2$ wijzigen. Deze projectieve transformaties leveren dus *geen versnellingen;* ze uiten zich natuurkundig op andere wijze.

ze een gravitatieveld schept, maar (volgens ons, die de transformatie kennen) een *subjectief* gravitatieveld.

In dit licht beschouwd gaat dus het ontstaan van een subjectief gravitatieveld gepaard met den overgang van den vorm $dt^2 = dt^2 - dx^2$ in den vorm $dt'^2 = P.dt'^2 + 2Q.dt'.dx' + R.dx'^2$ van de klasse der ontwikkelbare oppervlakken (van het Euclidische vlak).

We hadden ons lengte-tijd-diagram met behoud van onze Euclidische meetkunde op een ontwikkelbaar oppervlak kunnen teekenen. De rechte wereldlijnen van het platte vlak zouden dan door verbuiging overgegaan zijn in de (in 't algemeen) kromme pseudogeodetische lijnen van het ontwikkelbaar oppervlak, welke desverlangd gezamenlijk weer recht gebogen zouden kunnen worden.

Kiest men een nieuw vlak, waarin de grootheden x', t'

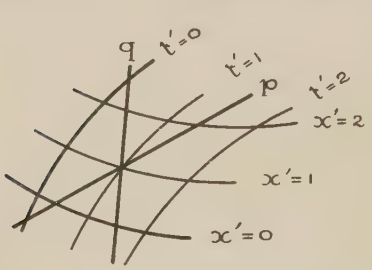


FIG. 28a.

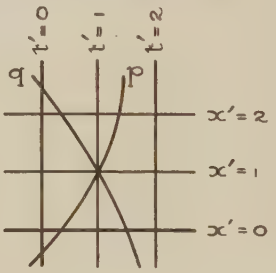


FIG. 28b.

als *rechthoekige rechtlijnige* coördinaten worden voorgesteld, dan zal de vergelijking in x', t' voor de pseudogeodetische lijnen in dit nieuwe vlak geen rechte lijn vertegenwoordigen maar een kromme (zie fig. 28a en 28b). Het is alsof het scheefhoekige kromlijnige netwerk der coördinaten x', t', met de rechte pseudogeodetische lijnen (p en q) erin geteekend, tot een vierkanten-netwerk verwrongen wordt, bij welke verwringing de vroeger rechte lijn krom wordt. Onder alle omstandigheden echter worden de figuren Euclidisch beschreven.

Een waarnemer, die zijn x' voor de ware lengte en zijn t' voor den waren tijd houdt, zal vanzelf geneigd zijn x' en t' als rechthoekige coördinaten in te voeren, maar dan kromme pseudogeodetische lijnen vinden; deze zullen echter door de transformatie x', $t' \rightarrow x$, t, d.w.z. door herstel van het vroegere netwerk weer automatisch recht worden.

Welke afbeelding we ook kiezen, we zullen steeds kunnen spreken van een „kromme" pseudogeodetische lijn, waarmee we dan ook een rechte lijn in een kromlijnig coördinaten-netwerk kunnen bedoelen.

De „kromme" pseudogeodetische lijn van een zeker punt P beeldt nu de versnelde beweging af, die P krachtens dat subjectieve versnellingsveld krijgt, of wel: de aantrekkingskracht, die P in dat subjectieve gravitatieveld ondervindt. Terwijl de rechte lijn wereldlijn is van een punt, dat zich eenparig beweegt en dienovereenkomstig aan geen enkele kracht is onderworpen, is in ons geval de „kromme" pseudogeodetische lijn het beeld van de geschiedenis van een punt, dat zich beweegt onder den invloed van gravitatie, zij 't dan ook van een subjectieve gravitatie.

Het moet dan ook mogelijk zijn den aard van dat (subjectieve) gravitatieveld, d.w.z. het bedrag van de gravitatie in elk punt x' en op elk oogenblik t' af te leiden uit den bouw van de functies P, Q, R in den bij x', t' behoorenden differentiaalvorm (8bis). De daarvoor noodige wiskundige bewerkingen kunnen hier gevoeglijk achterwege blijven. Voor ons doel is 't voldoende de mogelijkheid van die afleiding te gevoelen. Alleen willen we ter oriënteering meedeelen, dat de functies P, Q, R verwant zijn met de potentiaal der gravitatiekrachten.

Fig. 29.

Als voorbeeld van een subjectief versnellingsveld kunnen we noemen het veld, waarin alle punten van de lijnvormige ruimte voortdurend dezelfde versnelling hebben (zie fig. 29). Een waarnemer toch, die aan deze versnelling deelneemt, constateert, dat elk punt van zijn ruimte t.o. van hemzelf de versnelling nul heeft; hij ontleent aan die waarneming het recht zichzelf tegelijk met alle andere punten in rust of eenparige beweging te verklaren en van 't uniforme gravitatieveld, dat met het oorspronkelijke versnellingsveld gelijkwaardig is, het bestaan te ontkennen.

Resumeerende kunnen we dus zeggen, dat op een *Euclidisch* wereldvlak (met zijn Euclidisch beschreven pseudolijnelement) de pseudogeodetische lijnen de geschiedenis

afbeelden van punten, die òf in eenparige beweging zijn (aan geen enkele kracht zijn onderworpen), òf zich in een subjectief versnellingsveld (c.q. in een daarmee gelijkwaardig subjectief gravitatieveld) bevinden.

Nu is een versnellingsveld in 't algemeen *niet* subjectief; d.w.z. in 't algemeen is het een waarnemer onmogelijk zichzelf in een versnellingsveld zulk een bewegingstoestand toe te kennen, dat alle punten t.o. van hem hun versnelling verliezen.

Denken we ons bijv. in de lijnvormige ruimte alle punten A, B, C, . . . zich bewegend met versnellingen, die gericht zijn van een zeker centraal punt O af en waarvan 't bedrag afhangt van den afstand OA, OB, OC, . . . (bijv. omgekeerd evenredig met het vierkant van dien afstand), dan zal een waarnemer, die met een der punten, bijv. A, meebeweegt, t.o. van elk ander punt een versnelde beweging behouden (zie fig. 30).

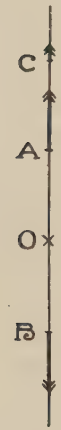


FIG. 30.

Er zijn dus ongetwijfeld *objectieve* versnellingsvelden, die niet door een zekere coördinatentransformatie x', $t' \rightarrow x$, t kunnen *wegg*etransformeerd worden. En de gravitatievelden, die met die versnellingsvelden gelijkwaardig zijn, zullen eveneens aan alle pogingen om ze op te heffen weerstand bieden.

De pseudogeodetische lijnen van 't wereldvlak zullen dan ook door geen enkele transformatie alle recht gemaakt kunnen worden; het wereldvlak zal dus *niet*-ontwikkelbaar zijn, of, als men het per se als plat vlak wil behandelen, *niet*-Euclidisch beschreven worden. In 't bijzonder zal ook het pseudolijnelement niet-Euclidisch zijn.

Hier nu heeft EINSTEIN den stap gedaan, waarmee hij de grens van 't gebied van 't bijzondere relativiteitsbeginsel met zijn bevoorrechte (rechtlijnige) eenparige beweging overschreed om het rijk te betreden van het algemeene relativiteitsbeginsel, waar alle bewegingen gelijke rechten hebben [1]).

EINSTEIN heeft tot algemeen beginsel verheven:

De pseudogeodetische lijnen zijn wereldlijnen van punten, die

---

[1]) A. EINSTEIN. Zur algemeinen Relativitätstheorie. Sitz.-Ber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. Bd. 47 (1915), p. 778.
A. EINSTEIN. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Ann. d. Physik, 4e Folge, Bd. 49 (1916) p. 769.

uitsluitend onder den invloed van gravitatiekrachten verkeeren.

Het algemeene van dit beginsel bestaat daarin, dat EINSTEIN de geldigheid van deze stelling, reeds bewezen voor een *subjectief* gravitatieveld, ook geproclameerd heeft voor elk willekeurig *objectief* gravitatieveld.

Het is aanstonds duidelijk, dat we ons hier bevinden tegenover een natuurwet, wier uitdrukking gelijk is voor alle mogelijke bewegingstoestanden en in alle mogelijke gravitatievelden; een natuurwet, waarvoor alle bewegingen gelijkwaardig zijn. De (rechtlijnige) eenparige beweging heeft hier haar uitzonderingspositie moeten prijsgeven. Een waarnemer A, die in de oogen van een anderen waarnemer B een versnelde beweging heeft, heeft het recht zijn eigen beweging (rechtlijnig) eenparig (eventueel rust) te noemen; de versnellingen en traagheidswerkingen, die hij dan bij B en andere deelen van zijn omgeving waarneemt, stelt hij op rekening van een gravitatieveld. Wanneer nu B, zichzelf in rust of eenparige beweging beschouwend, in staat is de natuurverschijnselen Euclidisch te beschrijven met het bijzondere relativiteitsprincipe — zooals wij meenen te doen als we ons in rust denken t.o. van de vaste sterren of den aether — dan zal dit aan A *niet* gelukken. A zal zichzelf wel in rust of eenparige beweging kunnen beschouwen, maar zijn lengte-tijd-vlak zal niet-Euclidisch zijn. Toch zal ook hij met EINSTEIN kunnen zeggen, dat zijn wereldlijn een pseudogeodetische lijn is.

Evenals van een subjectief gravitatieveld zal ook van een objectief gravitatieveld de bouw zich afspiegelen in de gedaante der functies P, Q, R in den differentiaalvorm (8bis), en wel volgens dezelfde beginselen.

Zooals we reeds vroeger opmerkten, is de theorie van het bijzondere relativiteitsbeginsel in haar eenvoudigsten vorm (met $dr^2 = dt^2 - dx^2$) te beschouwen als grensgeval van die van het algemeene, wanneer het gravitatieveld *nul* is. Daaruit maakte EINSTEIN de gevolgtrekking, dat de theorie van een *zwak* gravitatieveld, hoezeer qualitatief verschillend, toch in haar getalwaarden slechts weinig van die van het bijzondere relativiteitsbeginsel af zal wijken; dat men de formules van het algemeene relativiteitsbeginsel kan opvatten als *correcties* van die van het bijzondere relativiteitsbeginsel. Dit „correctiebeginsel" heeft EINSTEIN in staat

gesteld de natuurkundige beteekenis der functies P, Q, R op te sporen.

Laten we thans enkele uitkomsten van de theorie meedeelen.

Het is gebleken, dat de formules voor een zwak gravitatieveld *bijna* met de bekende wet van NEWTON (aantrekking omgekeerd evenredig met het kwadraat van den afstand) overeenkomen en wel des te nauwkeuriger naar mate het bedrag der gravitatie kleiner is en naar mate de snelheden der bewegende massa's kleiner zijn t.o. van de lichtsnelheid. Eerst wanneer de sterkte der gravitatie en de snelheden een zeker bedrag overschrijden, wordt de afwijking van de wet van NEWTON zoo groot, dat ze door waarneming aan 't licht kan komen.

De snelheden van de planeten in hun banen om de zon zijn alle nog te klein om een waarneembare afwijking te kunnen geven; alleen bij Mercurius, de binnenste planeet, die de grootste snelheid bereikt (ruim 55 K.M. per sec.), valt de afwijking in 't bereik der waarnemingen. Mercurius zou volgens de wet van NEWTON, wanneer de overige planeten geen storende aantrekkingen uitoefenden, onder den invloed van de zon alleen een zuivere ellips beschrijven; het punt van zijn baan, waar hij 't dichtst bij de zon komt, het z. g. „perihelium" zou van de zon uit steeds in dezelfde richting gezien worden. Volgens de theorie van het algemeene relativiteitsbeginsel echter zal de baan *niet precies* een ellips zijn; de periheliumrichting zal niet volkomen standvastig zijn, maar langzaam in 't baanvlak draaien; deze draaiing zal ongeveer 43″ per eeuw bedragen.

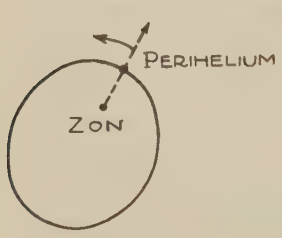


FIG. 31.

Nu was een „periheliumbeweging" van ongeveer 45″ per eeuw reeds lang bij de sterrekundigen bekend als een wonderlijke afwijking van de toch overigens zoo juiste wet van NEWTON. Voor de verklaring van deze afwijking nam men zijn toevlucht tot onzichtbare storende binnenplaneten, weerstandbiedende stofdeeltjes, en derg. Dat de theorie van het algemeene relativiteitsbeginsel van deze afwijking onmiddellijk reken-

schap geeft, niet alleen qualitatief maar ook quantitatief [1]), strekt zeker tot verhooging van haar aanzien en tot versterking van haar gezag.

Een ander gevolg van de theorie is — we zijn er in Hoofdstuk VI reeds op voorbereid — dat een lichtstraal bij zijn gang door een gravitatieveld gekromd wordt en dat de lichtsnelheid dienovereenkomstig verandert.

In een ruimte *zonder* gravitatie geldt het bijzondere relativiteitsbeginsel; dáár is de lichtsnelheid standvastig en rechtlijnig.

Een zwak gravitatieveld zal een geringe wijziging van het bedrag der lichtsnelheid en een geringe kromming van de lichtbaan ten gevolge hebben.

Volgens de berekening moet de door die kromming optredende richtingsverandering voor een lichtstraal, die vlak langs de zon strijkt, 1″7 bedragen. Voor de empirische bevestiging van dit gevolg der theorie moet een totale zonsverduistering afgewacht worden.

VIII. ALGEMEENE BESCHOUWINGEN.

Keeren we nu terug tot het verband tusschen het gravitatieveld en de structuur van het lengte-tijd-vlak.

Elk gravitatieveld heeft zijn eigen meetkunde, hetzij Euclidisch vertolkt op een gebogen oppervlak, hetzij niet-Euclidisch in 't platte vlak. De aanwezigheid van middelpunten van gravitatie (massa's) bewerkt dus als 't ware een *kromming* van het lengte-tijd-wereldvlak. Elke verandering van het gravitatieveld verandert de krommingseigenschappen van het lengte-tijd-oppervlak. Wat wij aantrekkende *kracht* noemen openbaart zich als een *meetkundige dwang*; de wereldlijnen van twee elkaar aantrekkende, dus elkaar naderende punten moeten, krachtens den aard van het oppervlak dat ze draagt, zoo loopen, dat het abscisverschil dier punten bij toename van den tijd afneemt. De werking der gravitatie wordt zoodoende in het lengte-tijd-oppervlak van punt tot punt overgebracht en het begrip „werking op afstand" heeft uitgediend.

Tot dusver hebben we, ter tegemoetkoming aan ons voorstellingsvermogen, ons beperkt tot een twee-dimensio-

---

[1]) De onzekerheid in de waargenomen 45″ bedraagt ± 5″.

naal lengte-tijd-vlak, dus tot een lijnvormige ruimte. De ruimte, waarin we onze natuurkundige waarnemingen beschrijven, heeft echter drie afmetingen. In de formules treden dienovereenkomstig drie ruimtecoördinaten op: x, y, z, welke dus met den tijdcoördinaat t een stel van *vier* coördinaten vormen. Willen we nu de formules in de vier veranderlijken x, y, z, t door meetkundige figuren afbeelden, zooals we de formules in x en t in ons tweedimensionaal lengte-tijd-vlak (wereldvlak) grafisch hebben voorgesteld, dan zien we ons genoodzaakt tot een ruimte van vier afmetingen onze toevlucht te nemen, waardoor een werkelijk zinnelijke afbeelding onmogelijk wordt. Niettemin kunnen we onze meetkundige bewoordingen behouden, die dan, als men wil, meer het karakter van beeldspraak krijgen. We zullen dan o.a. kunnen blijven spreken van het pseudolijnelement, dat het eenvoudigst wordt voorgesteld door $d\tau = \sqrt{dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2}$, en van de pseudogeodetische wereld-„lijnen" in onze vierdimensionale wereld als vertegenwoordigsters van de geschiedenis van een alleen aan gravitatie onderworpen punt. De meetkunde, waarmee we die vierdimensionale ruimte-tijd-wereld moeten beschrijven, zal bij een objectief gravitatieveld niet-Euclidisch moeten zijn, dus niet kunnen beschouwd worden als een eenvoudige uitbreiding van onze gewone stereometrie op vier dimensies.

In 't algemeen zal dus ook op de *drie*dimensionale momentopnamen van onze ervaringsruimte (gelijktijdigheidsruimten, overeenkomende met de gelijktijdigheidslijnen in ons vroeger tweedimensionaal wereldfilm) een niet-Euclidische stereometrie moeten worden toegepast. Dat wil dus zeggen, dat we, wanneer we het algemeene relativiteitsbeginsel aanvaarden, afstand doen van onze meetkundige axioma's, waaraan we bijna geneigd waren een geldigheid a priori toe te kennen.

Nu zal de opportunist zich daarmee niet al te zeer het hoofd breken. Hij zal — terecht — opmerken, dat alle afwijkingen van den gravitatieloozen, Euclidischen ideaaltoestand, zooals die door het bijzondere relativiteitsbeginsel wordt vooropgesteld, eerst opvallend worden, wanneer de voorkomende snelheden vergelijkbaar worden met de lichtsnelheid of wanneer het gravitatieveld bijzonder sterk is; en hij zal — eveneens terecht — erop wijzen, dat zelfs de grootste mechanische snelheden, die ooit waargenomen

zijn, nog zóó klein zijn t.o. van de lichtsnelheid en dat alle waarneembare gravitatie zóó zwak is (bijv. in vergelijking met electromagnetische werkingen), dat de wereld waaraan we onze ervaring ontleenen niet merkbaar van den Euclidischen toestand kan afwijken, en dat onze waarnemingen veel te ruw en te beperkt zijn om uit te maken, òf er door een punt buiten een lijn wel één rechte lijn gaat, die de gegeven lijn, hoever ook verlengd, nooit snijdt!

Wie echter geen genoegen neemt met de zekerheid, dat onze meetkunde voor de praktijk nauwkeurig genoeg is en de consequenties van een niet-Euclidische ruimte en een niet-Euclidische ruimte-tijd-wereld volledig wil dóordenken, zal misschien aanvankelijk, bij zijn worsteling tegen eigen denktraagheid, enkele moeilijke oögenblikken doorleven. Evenals bij het verwerken van het zoo wonderlijke tijdbegrip, dat het bijzondere relativiteitsbeginsel hem opdrong, zal hij ook hier menige ingewortelde overtuiging moeten overwinnen, voordat zijn nieuwe inzichten met zijn vroegere denkbeelden in één hooger begrijpen zullen zijn samengevat.

Onze ruimte en onze tijd zijn — KANT leerde het reeds — schema's, waarin we onze gewaarwordingen rangschikken, coördinaten-netwerken als het ware. De eene ruimtebeschrijving is niet juister dan de andere, de eene tijdschaal is niet zuiverder dan de andere; de eene kan er zich tegenover de andere hoogstens op beroemen, dat ze een uit wiskundig oogpunt eenvoudiger natuurbeschrijving mogelijk maakt. Er is geen „ware" meetkunde, geen „ware" tijdschaal. Er kan hoogstens een *doelmatige* meetkunde zijn: „Une géométrie ne peut pas être plus vraie qu'une autre; elle peut seulement être plus commode" heeft HENRI POINCARÉ gezegd in zijn beroemd werk *La Science et l'Hypothèse* (p. 66, 67). Evenzoo kan een tijdschaal hoogstens uitmunten door gemak in 't gebruik.

Terwijl we voor een uitvoeriger analyse van de begrippen ruimte en tijd verwijzen naar hetgeen de wijsbegeerte daaromtrent leert en ook naar andere verhandelingen over ons onderwerp [1]), zullen we hier slechts nog één

[1]) In 't bijzonder noemen we hier:
A. EINSTEIN: Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. Gemeinverständlich. Braunschweig, 1917, Vieweg & Sohn.
M. SCHLICK: Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik, Berlin,

natuurkundig-wijsgeerig argument noemen ten voordeele van een zoo elastisch mogelijke opvatting dier begrippen, althans voor zoover ze natuurkundige beteekenis hebben.

Ons waarnemen is altijd constateeren, dat op een zeker oogenblik de baan van een of ander materieel punt of van eenige electromagnetische verstoring (lichtsein bijv.) de baan van een tweede punt of verstoring treft.

Bijv., wanneer de maan een ster bedekt, nemen we feitelijk waar, dat de baan van een zeker punt van den maansrand de lichtstraal, die van de ster naar ons oog gaat, op een zeker tijdstip snijdt; wanneer we de golflengte van een spectraalstreep meten, constateeren we, dat de lichtverstoring van een bepaalde golflengte (kleur) zich voortplant volgens een lijn, die een der deelstrepen van de spectrometerschaal snijdt, d.w.z. op een zeker oogenblik met die deelstreep door hetzelfde punt der ruimte gaat. Het opnemen van den tijd berust ook op het vaststellen, dat de baan van den wijzer der klok op een bepaald tijdstip de lichtstraal snijdt, die van een zeker punt van de wijzerplaat naar ons oog gaat.

De meest ingewikkelde waarnemingen kunnen ten slotte alle herleid worden tot een of meer *samentreffingen* (coïncidenties) *in ruimte en tijd*. Willen we ons weer bedienen van de grafische hulpvoorstelling in ons wereldfilm (hetzij dit twee, drie of vier afmetingen heeft) met haar wereldlijnen, dan kunnen we in 't geval van de sterbedekking zeggen, dat de wereldlijn van het beschouwde punt van den maansrand de wereldlijn van een van de ster uitgaand lichtsein snijdt (niet kruist); bij de meting van de golflengte kunnen we beweren, dat de wereldlijn van de beschouwde lichtverstoring een punt gemeen heeft met de wereldlijn van een punt der genoemde deelstreep; en bij het tijdopnemen kunnen we verklaren, dat de wereldlijn van den wijzer en die van het lichtsein, dat wordt uitgezonden door een bepaald merk van de wijzerplaat, door eenzelfde punt gaan.

1917, Springer.

J. P. Kuenen: Relativiteitstheorie. De Gids, Afleveringen Maart en April 1917.

H. A. Lorentz: De gravitatietheorie van Einstein en de grondbegrippen der natuurkunde: Rede, gehouden op de Alg Verg. v. h. 16e Ned. Nat. en Geneesk. Congres te 's-Gravenhage, op 12 April 1917.

Kortom, al onze ervaring betreft in laatste instantie *snijpunten van wereldlijnen*. Deze *snijpunten*, als 't ware de knoopen in 't netwerk der wereldlijnen, moeten door de „natuurwetenschap" verklaard worden, *niet de wereldlijnen zelf*. Elke vervorming van dat netwerk is derhalve geoorloofd, mits de knoopen behouden blijven (al verandert hun plaats in het wereldfilm); men mag het netwerk zoo verfrommelen als men wil, als men maar geen oude knoopen losmaakt of nieuwe knoopen legt.

Bedenkt men nu, dat de gedaante van het wereldlijnennetwerk geheel bepaald wordt door het coördinaatstelsel t, x, (y, z), dat men aan de formules der natuurwetten ten grondslag heeft gelegd, en dat de keuze van dat coördinaatstelsel anderzijds samenhangt met de meetkundige eigenschappen, die men aan onze ruimte toekent, en met de bijzondere hoedanigheden der gebruikte tijdschaal, dan komt men gemakkelijk tot het inzicht, dat de ervaring ons niets kan leeren omtrent een „ware" ruimte en een „waren" tijd met a priori daarvoor geldige wetten. Het eenige wat we aan onze ervaring kunnen ontleenen is een zekere practische voorkeur voor de een of andere meetkunde en voor een bepaalde tijdmaat; de natuurkundige eigenschappen der ons omgevende natuurobjecten (hetzij van stoffelijken, hetzij van electromagnetischen aard) dringen ons, in elk stadium van natuurkennen, een bepaalde meetkunde en een bepaalde tijdmaat op, die 't dichtst voor 't grijpen ligt. Bij elke nieuwe „ontdekking" kunnen de tot dusver heerschende meetkunde en tijdmaat in bruikbaarheid achteruitgaan en 't veld moeten ruimen voor een andere opvatting van ruimte en tijd, zij 't ook onder protest van diegenen, die de nieuwe ontdekking nog niet doorvoeld hebben en alleen de oudere, dus beperktere natuurkennis als objectieven grondslag van hun bespiegelingen aanvaarden.

Zulk een evolutie van ons ruimte- en tijd-begrip hebben we te danken aan het algemeene relativiteitsbeginsel van Einstein, een theorie, die geheel wortelt in den bodem van onze ervaring.

De theoretische onbepaaldheid der begrippen ruimte en tijd was reeds, sinds Kant, den wijsgeeren bekend. Hoe 't echter kwam, dat wij desniettegenstaande zulk een duidelijke voorstelling van de structuur der ruimte en van het

verloop van den tijd *meenden* te hebben, bleef nog vrijwel in 't duister.

Heeft EINSTEIN met zijn leer van het algemeene relativiteitsbeginsel misschien nog niet volledige klaarheid op dit punt gebracht, hij kan er zich in elk geval op beroemen, dit probleem in duidelijke trekken te hebben geformuleerd en zoodoende tot de oplossing ervan belangrijk te hebben bijgedragen.

AUTOREFERAAT.

OVERZICHT DER VOORNAAMSTE PLANTENFAMILIES EN GESLACHTEN MET WINTERHARDE HOUTGEWASSEN, MET AANWIJZING EN TOEVOEGING DER BELANGRIJKSTE FAMILIES VAN DE NEDERLANDSCHE- EN NEDERL.-INDISCHE BOOMFLORA EN VAN DE NEDERLANDSCHE WILDE FLORA; BENEVENS EEN OVERZICHT VAN ALLE OVERIGE FAMILIES DER IN NEDERLAND WILD VOORKOMENDE PLANTEN, DOOR DR. J. VALCKENIER SURINGAR, SAMENGESTELD VOOR HET ONDERWIJS AAN DE RIJKS LANDBOUW-HOOGESCHOOL. UITGEGEVEN DOOR H. VEENMAN, WAGENINGEN.

Dit overzicht geeft in de inleiding de verschillen tusschen de twee belangrijkste der bestaande *natuurlijke plantenstelsels,* en de voornaamste *kenmerken* die een lageren (ouderen) of hoogeren (jongeren) *trap van ontwikkeling* aangeven. Wij bezitten nog geen natuurlijk stelsel dat heelemaal bevredigt. Een bezwaar vooral is, dat we zoo weinig van de planten weten, die vroeger bestonden maar uitgestorven zijn; want die uitgestorven planten zouden juist de banden aangeven tusschen onze hedendaagsche levende planten, welke slechts een doorsnede vormen van het planten evolutiebeeld, dat drie afmetingen heeft evenals de aarde zelf.

Planten *determineeren* leidt in vele gevallen niet tot het kennen van de speciale verwantschapskenmerken der plant en tot het inzicht van de plaats, welke die plant in het verwantschapssysteem inneemt. Dit overzicht wil den student, den botanicus of den liefhebber tot dat kennen en dat inzicht brengen door middel van een bizonder systeem. Wie met dit overzicht een plant op naam wil brengen, moet eerst de hoogste groep bepalen, waartoe de plant behoort, daarna de lagere, enz. Bovendien worden daarbij alleen de kenmerken gebruikt, welke die groepen karakteriseeren; in het geval er voor een bepaald doel ook andere kenmerken bij gebruikt worden, wordt dit er bij vermeld. Men leert er dus door wat *klasse-,* wat *groeps-,* wat *familie-,* wat *geslachts kenmerken* zijn, enz.

Een nieuwe verwantschapsgroep is ingelascht, n.l. *stadiën van ontwikkeling,* die één of een aantal reeksen omvatten.

Op deze wijze kan de student en ieder ander omtrent een willekeurige plant uitmaken, wat hare *verwantschappelijke plaats in het natuurlijke systeem* is, bv. dat de plant behoort tot het middelste „stadium" der *Cylyciflorae,* en wel tot de *Myrtales* (de eenige reeks in dat „Stadium"), waarschijnlijk of zeker tot de familie der *Myrtaceae.* En nu zal hij met determinatiewerken veel kritischer den naam der plant kunnen bepalen.

Het overzicht behandelt in hoofdzaak de in *Nederland winterharde houtgewassen der wereld,* welke voor de *tuinbouw* en *Nederl. boschbouw* van belang zijn. Hiervoor bestaan geen determinatiewerken in het Nederlands; en de buitenlandsche zijn niet gemakkelijk in het gebruik door hunne uitvoerigheid.

Die *winterharde houtsoorten* kunnen met dit overzicht *tot op het*

geslacht worden bepaald; een overzicht der soorten wordt gereed gemaakt.

Maar naast de families van winterharde houtgewassen is ook gerekend op de *tropische boomflora.* De namen der opgenomen families, welke voor de flora van belang zijn, hebben een merk gekregen; en andere dergelijke families, die niet in aanmerking komen voor de winterharde houtgewassen, zijn er achter een boogje bijgeschreven, terwijl in vele gevallen hunne familiekenmerken in een noot zijn opgegeven.

Op die wijze kan ook de a.s. *boschbouwer voor Ned.-Indië* met vrucht hier houtgewassen determineeren met het oog op de N.-I. boomflora, en kan hij beter ook in Indië het overzicht gebruiken, om in vele gevallen uit te maken tot welke reeks of familie eene boomsoort behoort; dit is vooral van belang omdat het bekende werk van KOORDERS en VALETON over de boomsoorten van Java met de families begint en eerst binnen deze families determinatie-lijsten voor geslachten en soorten geeft.

Ook voor den *tuinbouwer,* die *een andere plant* dan juist een winterhard houtgewas voor zich heeft, kan het overzicht dienen om zich eenigszins te orienteeren ten opzichte van de plaats der plant in het systeem. Het determineeren van eene *willekeurige tuinplant,* nog meer die van een *kasplant,* is dikwijls zeer moeilijk, zoodat dit orienteeren er zeer aan te goede zal komen.

Om hier nog beter aan tegemoet te komen zijn ook voorname families opgenomen, die geen winterharde houtgewassen bevatten, maar alleen *kruidachtige planten.* En dit is weder in verband gebracht met de *Nederlandsche wilde flora.* Een plant die wild in Nederland groeit, zal men in de meeste gevallen met dit overzicht tot eene familie kunnen brengen, die direct de juiste is, of die een groep verwante families vertegenwoordigt; in dit laatste geval draagt de familienaam in het overzicht een sterretje en wordt men daardoor verwezen naar eene *Bijlage* of *aanvullingslijst voor de Nederlandsche wilde Flora.* Hier vindt men achter iedere familie, die in het overzicht een sterretje draagt, de verwante families met de kenmerken, die haar van de eerstgenoemde onderscheiden en karakteristiek zijn voor die families. Deze inrichting voor de wilde flora kan derhalve ook iederen *botanicus* nu en dan te pas komen en den *tuin-, land-* en *boschbouwer* er toe brengen ook de *wilde planten* van Nederland nader te onderzoeken.

Het Overzicht is niet gemakkelijk in het gebruik voor wie geen voldoende botanische vóórkennis heeft en ongeoefend is in het determineeren van planten. Bovendien is met uitzonderingen veel minder rekening gehouden dan in gewone flora's geschiedt. Bij mijn onderwijs wordt dan ook te voren een overzicht van het natuurlijk systeem gegeven (ook de historische ontwikkeling, waardoor de beteekenis pas goed duidelijk wordt), en worden daarna oefeningen gehouden.

Het Overzicht is ook in den handel verkrijgbaar gesteld.

MEDEDEELINGEN VAN DE
LANDBOUWHOOGESCHOOL.